

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 86 страниц, 24 рисунка, 23 таблицы, 24 источников, 5 приложений, 9 листов графического материала.

Ключевые слова: МАКЕТ СТАНКА, ЛАЗЕР, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА.

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка конструкции гравера с ЧПУ с подвижной головкой для маркировки деталей маломощным лазером

Объектом исследования является лазерная установка с ЧПУ для маркировки деталей лазером.

Целью работы является создание лазерной установки с ЧПУ для маркировки деталей лазером. Сравнение производительности растрового и векторного способов создания управляющей программы

В конструкторской части была описана конструкция установки и приспособления для крепления лазера. Произведены расчеты на теплоотвод радиатора охлаждения, а также произведена оценка точности кинематики установки.

В технологической части был разработан технологический маршрут обработки элементов приспособления для крепления лазера. Было выбрана технологическая оснастка, и средства технического оснащения. Произведен расчет режимов резания.

В организационной части было рассчитано вспомогательное время обработки деталей. Расчет необходимого оборудования и коэффициент его загрузки.

В экспериментальной части были обобщены результаты сравнения производительности растрового и векторного режимов нанесения гравировки. Проведена аппроксимация данных и получен обобщенный график.

Раздел «Социальная ответственность» посвящен вопросам безопасной работы на участке, пожарной безопасности и экологии.

В экономической части рассчитана себестоимость изготовления детали.

Данная выпускная квалификационная работа выполнена с использованием современных средств программного обеспечения КОМПАС-3D V16.

## ABSTRACT

Final qualification research project consists of 86 pages, 24 drawings, 23 tables, 24 sources, 5 annexes, 9 sheets of graphic material.

Keywords: MOCK-UP MACHINE, LASER, PROCESSES, TECHNOLOGICAL EQUIPMENT, PARTS, BILLET.

Subject of the research project: Developing a model of board Computerized and Numerically Controlled (CNC) laser for marking parts with laser.

Target of the research is a model of a CNC machine for marking parts with laser.

The work objective is to create the model of CNC machine for marking parts with laser, to investigate width of track depending on the roughness and surface conditions at different markings.

In the constructional part the design of the machine's model and tools for laser's bracing were described. Calculations on the chucking force for laser's bracing in a tool were held, accuracy ranking of machine's cinematic were also carried out.

In the technological part the manufacturing route of processing the contrivance parts for binding the laser was developed.

In the organizational part auxiliary processing time was calculated as well as equipment and its load factor costs.

In the experimental part measurement results were summarized to determine width of the track on the surface roughness and the rate of movement of the laser beam.

The "Social responsibility" part is devoted to issues of safe operation in the area, fire safety and environmental friendliness.

In the economic part manufacturing cost were calculated.

This final qualification work is done KOMPAS-3D V16 platform.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	6
1	Обзор литературы	8
1.1	Обзор характеристик лазерных маркировщиков	9
2	Расчеты и аналитика	17
2.1	Конструкторская часть	18
2.1.1	Назначение лазерного устройства	18
2.1.2	Описание конструкции	18
2.1.3	Расчет площади охлаждения теплоотвода	23
2.1.4	Оценка точности кинематики устройства	23
2.2	Технологическая часть	25
2.2.1	Служебное назначение и технические характеристики сборочной единицы	25
2.2.2	Производственная программа выпуска и определение типа производства	26
2.2.3	Анализ типового технологического процесса	26
2.2.4	Анализ технологичности объекта производства	28
2.2.5	Качественная оценка технологичности	29
2.2.6	Количественная оценка технологичности	29
2.2.7	Выбор заготовки и методы ее изготовления	30
2.2.8	Оценка экономической эффективности заготовки	31
2.2.9	Составление технологического маршрута обработки	31
2.2.10	Выбор баз	33
2.2.11	Выбор технологического оборудования	36
2.2.12	Выбор технологического оснащения	40
2.2.13	Расчет припусков	44
2.2.14	Расчет режимов резания	45
2.2.15	Нормирование технологического оснащения механической обработки	49
3	Результаты проведенных исследований	54
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	57
4.1	Расчет объема капитальных вложений	58
4.1.1	Стоимость конструкции гравера с ЧПУ	58
4.1.2	Стоимость вспомогательного оборудования	58
4.1.3	Стоимость инструментов и инвентаря	58
4.1.4	Расчет заработной платы производственных работников	59
4.1.5	Сравнение себестоимости и производительности	59
5	Социальная ответственность	61
5.1	Характеристика объекта исследования	62
5.2	Методы защиты от вредных и опасных факторов	62

					ФЮРА.А21030.000ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разраб.		Шабдюров Д. Э.			Разработка конструкции гравера с ЧПУ с подвижной головкой для маркировки деталей лазером					
Провер.		Проскоков А. В.								
Н. Контр.		Ласцов А. А.								
Утверд.										
					Лит.		Лист		Листов	
							1		3	
					ЮТИ ТПУ Группа 10А213					

5.3	Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	63
5.3.1	Обеспечение соответствующего освещения на рабочем месте	63
5.3.2	Обеспечение оптимальных параметров микроклимата рабочего места	65
5.3.3	Защита от поражения электрическим током	65
5.3.4	Защита от движущихся органов оборудования	67
5.3.5	Защита от шума	67
5.3.6	Защита от вибрации	67
5.3.7	Защита от повреждений стружкой	67
5.4	Разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций	67
5.5	Обеспечение экономической безопасности и охраны окружающей среды	68
5.6	Защита от лазерного излучения	68
	Заключение	69
	Список использованных литературы	70
	Приложения	74
	Приложение А ФЮРА.А21.030.003СБ Спецификация на лазерную установку (Общий вид)	78
	Приложение Б ФЮРА.А21.030.006СБ Спецификация на лазер (Сборочный чертеж)	83
	Приложение В ФЮРА.А21.030.010 Комплект документов на технологический процесс механической обработки радиатора охлаждения	85

Диск CD-R

В  
конверте  
на  
обороте  
обложки

ФЮРА.10А11.060.001 Обзор технических характеристик станков. Файл Обзор технических характеристик станков ФЮРА.А21.030.001.cdw в формате Компас – 3D V16  
ФЮРА.А21.030.002 Конструкция лазера (Общий вид). Файл Конструкция лазера (Общий вид). ФЮРА.А21.030.002 cdw в формате Компас – 3D V16

ФЮРА.А21.030.002 Конструкция лазера (Общий вид). Файл Конструкция лазера (Общий вид).ФЮРА.А21.030.002 cdw в формате Компас – 3D V16

ФЮРА.А21.030.003 Радиатор охлаждения. Файл Радиатор охлаждения ФЮРА.А21.030.003. cdw в формате Компас-3D V16

ФЮРА.А21.030.004 Лазер. Файл Лазер ФЮРА.А21.030.004.cdw в формате Компас – 3D V16

ФЮРА.10А11.060.005 Зависимость времени нанесения маркировки от площади при растровом и векторном способе управляющих программ ФЮРА.А21.030.005.cdw в формате Компас – 3D V16

ФЮРА.А21.030.006 Карта наладок. Файл Карта наладок ФЮРА.А21.030.006.cdw в формате Компас – 3D V16

ФЮРА.А21.030.007 Карта наладок. Файл Карта наладки ФЮРА.А21.030.007.cdw в формате Компас – 3D V16

ФЮРА.А21.030.008 Примеры нанесения маркировки. Файл Примеры нанесения маркировки ФЮРА.А21.030.008.cdw в формате Компас – 3D V16

Графический материал:

На  
отдельн  
ых  
листах

ФЮРА.А21.030.001 Обзор технических характеристик станков  
ФЮРА.А21.030.002 Конструкция лазера (Общий вид)  
ФЮРА.А21.030.003 Радиатор охлаждения  
ФЮРА.А21.030.005 Зависимость времени нанесения маркировки от площади при растровом и векторном способе управляющих программ ФЮРА.А21.030.005.cdw в формате Компас – 3D V16  
ФЮРА.А21.030.006 Карта наладок  
ФЮРА.А21.030.007 Карта наладок  
ФЮРА.А21.030.008 Примеры нанесения маркировки

					ФЮРА.А21030.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		3

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является одним из ведущих и важных отраслей современной промышленности. Задачей машиностроения является создание совершенных конструкций машин и передовой технологии ее изготовления. Объем продукции должен увеличиваться за счет автоматизации и механизации производства. Основное направление в развитии технического процесса – это создание принципиально новых технологических процессов производства и замена существующих процессов более точными и экономичными. Одним из главных вниманий уделяется вопросам сокращения сроков подготовки и повышению качества продукции машиностроения, в значительной степени качество и технико-экономические показатели выпускаемой продукции зависят от подготовки производства, важной составной частью которой является проектирование технологических процессов и маркировка деталей.

Маркировка деталей является востребованной на любых отраслях производства. В производстве способов маркировки продукции существует очень много. Из всех существующих способов маркировки, лазерная маркировка является наиболее производительной и надежной. Но в настоящее время лазерные маркировщики имеют большую цену. Что возможно только для крупных предприятий.

Для крепления лазера на макете станка необходимо было спроектировать приспособления для крепления маломощного лазера.

Целью, данной курсовой работы является, проектирование эффективного радиатора охлаждения гравера с ЧПУ для крепления маломощного лазера на станке, отвечающий требованиям к его эксплуатации.

В соответствии с поставленной целью в процессе курсового проектирования выделяют следующие задачи:

- развитие и закрепление навыков ведения самостоятельной творческой инженерной работы;
- овладение методикой проектирования технологических процессов механико-сборочного производства;
- приобретения опыта работы с лазерным гравером;
- овладение технико-экономическим анализом принимаемых решений.



# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Студент гр. 10А21

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

Д. Э. Шавдуков

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Руководитель  
к. т. н., доцент кафедры ТМС

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

А. В. Проскоков

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Нормоконтроль  
к. т. н., доцент кафедры ТМС

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

А. А. Ласуков

\_\_\_\_\_  
(Дата)



## 1.1 Обзор характеристик лазерных маркировщиков

На данный момент существует множество способов маркировки деталей такие как: клеймение, электрохимическая, термотрансферная печать, каплеструйная маркировка (чернилами), маркировка лазером, маркировка ударно-точечная, нанесение прочерчиванием.

Наибольшее распространение на сегодняшний день имеет лазерная маркировка металла. Это простая процедура, надежная технология со стойким результатом.

Лазерная маркировка металла позволяет быстро создавать долговечные и качественные результаты маркировки металла с полным исключением возможности порчи исходного материала.

Для создания маркировки на металлических материалах и изделиях используются мощные лазеры, основанные на технологии волоконного излучателя. Подвергаться лазерным маркировкам могут практически любые виды металлов, в том числе и цветные (золото, серебро медь), а также хром, титан, алюминий и другие сплавы.

Многие отрасли промышленности очень часто пользуются услугой лазерной маркировки металла. Благодаря маркировке очень удобно наносить различные штрих-коды, серийные номера, логотипы и табличные коды на любые изделия из анодированного алюминия, нержавеющей стали и латуни.

Использование лазерной маркировки предусматривает создание точной и аккуратной надписи на выбранном клиенте материале или уже готовой детали. В качестве маркировки могут выступать не только надписи, но и изображения сложных геометрических фигур. А так как лазерная маркировка является бесконтактной технологией, то поверхность металла никак не повреждается и не подвергается никаким деформациям (кроме непосредственных контуров маркировки). Для маркировки металлов чаще всего используют CO<sub>2</sub> лазеры мощностью от 10 до 50 Вт, что позволяет эффективно наносить маркировку на любые металлические предметы.

Преимущества лазерной маркировки:

- высокая скорость нанесения информации;
- возможность обработки широкого спектра материалов (от дерева и пластика до металлов);
- высокая стойкость и точность наносимой информации;
- возможность компьютерного регулирования мощностью и перемещениями луча;
- долговечность и стойкость изображений;
- отсутствие дополнительных видов обработки;
- привлекательный внешний вид.

При маркировке можно получать различные эффекты, изменяя параметры излучения. Этим способом можно наносить не только комбинации цифр и букв, но и другие графические изображения. Такой

подход делает маркировку конкретного изделия уникальной и трудно повторяемой. Нанесение информации непосредственно на изделие и высокое разрешение позволяют наносить специальные знаки и обеспечивать высокую степень защиты изделия от подделок.

Лазерные маркировщики можно также применять и для нанесения информации на приборные панели, измерительный инструмент, шкалы.

В лазерном оборудовании, применяемом для маркировки, как правило, в качестве источника лазерного излучения применяются  $\text{CO}_2$  и твердотельные лазеры. Несмотря на то, что  $\text{CO}_2$  лазеры дешевле, они имеют ряд недостатков. При маркировке пластмасс изображение не контрастно, а маркировка металлов возможна только путем снятия лакокрасочного покрытия. Твердотельные лазеры позволяют наносить маркировку на более широкий спектр материалов, таких как:

- металлы, в том числе и твердые сплавы;
- окрашенные, лакированные, покрытые химическим способом поверхности;
- широкий спектр пластиков: поликарбонат, полистирол, полиамид, АБС;
- керамика (нитриды бора, кремния, алюминия, ВК94 и др.);
- специальные самоклеющиеся пленки, используемые для изготовления шильд, пломбирующих наклеек;
- термоусадочные трубки, ПВХ изоляция, некоторые виды изоляции кабельной продукции. Причем на пластиках, как правило, обеспечивается высокий контраст изображения.

Твердотельные лазеры, в свою очередь, разделяются на несколько подклассов: лазеры с ламповой накачкой, диодной накачкой и волоконные лазеры. Рассмотрим подробнее каждый из них.

Лазеры с ламповой накачкой требуют водяного охлаждения, потребляемая мощность всей установки 5 кВт, питание от сети 3х фазного переменного тока (380 В), требуют периодической замены лампы, настройки, профилактических работ. Установка имеет сравнительно большие габариты.

Лазеры с диодной накачкой выделяют меньшее количество тепла, обладают меньшей потребляемой мощностью. Питание осуществляется от сети переменного тока 220 В. Они более компактные, срок службы диодов накачки дольше, чем лампы, но также требовательны к обслуживанию и водяному охлаждению.

Волоконные лазеры – наиболее высокотехнологичное и современные на сегодняшний день. Не требуют системы охлаждения, потребляемая мощность 300 Вт, питание от сети переменного тока 220 В. Габариты установки – минимальны. Ресурс работы – 50 000 часов. Не требует обслуживания. Соответственно такой класс оборудования имеет минимальные эксплуатационные затраты, что является приоритетным при выборе производственного оборудования. Такой тип лазера обладает наибольшей разрешающей способностью среди вышеперечисленных.

Кроме излучателя современный комплекс для лазерной маркировки состоит из управляющего компьютера, системы контроля параметров излучения, системы транспортировки и развертки луча. Для промышленной маркировки наибольшее распространение получил метод развертки лазерного излучения путем сканирования поверхности. Он обеспечивает наибольшую скорость маркировки в сочетании с высокой точностью.

Для создания макета станка с ЧПУ для маркировки деталей лазером были рассмотрены конструкции и технические характеристики существующих лазерных маркировщиков различных фирм производителей.

Волоконный маркиратор JQ-20 представлен на рисунке 1.



*Рисунок 1 Волоконный маркиратор JQ-20*

Технические характеристики волоконного маркиратора LQ-20 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики волоконного маркиратора JQ-20.

Характеристика	Значение
1	2
Мощность лазера, Вт	20
Длина, мм	1200
Ширина, мм	1200
Высота, мм	1400
Окно маркировки, мм	200x200
Длительность импульса, кГц	20-150
Потребляемая мощность, Вт	1000

Лазерный маркировщик FMark 10 RL представлен на рисунке 2.



*Рисунок 2 Лазерный маркировщик FMark 10 RL*

Технические характеристики лазерного маркировщика FMark 10 RL [20] представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики лазерного маркировщика FMark 10 RL

Характеристика	Значение
1	2
Мощность лазера, Вт	10-50
Тип излучения	CO <sub>2</sub> лазер
Рабочее поле, мм	До 285x285
Скорость обработки, м/с	До 10
Обрабатываемый материал	Металлы, керамика, резка тонкого металла
Функциональные возможности	Гравировка, скоростная маркировка, резка тонкого металла, нанесение изображений, удаление покрытий

Волновой лазерный маркировщик L-Master-F50 представлен на рисунке 3.



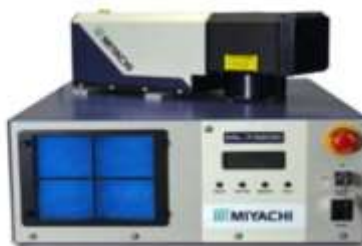
*Рисунок 3 Волновой лазерный маркировщик L-Master-F50*

Технические характеристики волнового лазерного маркировщика L-Master-F50 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики волнового лазерного маркировщика L-Master-F50

Характеристика	Значение
1	2
Длина волны лазера, мм	1064
Ширина, мм	620
Частота следования импульсов, кГц	20-100
Качество светового пучка	2-5
Выходная мощность, кВт	0,60
Глубина маркировки, мм	0,1
Охлаждение	Воздушное
Стандартная зона маркировки, мм	110x110
Источник питания	90-260/50 Гц однофазный с заземлением

Лазерный маркировщик ML-7320С представлен на рисунке 4.



*Рисунок 4 Лазерный маркировщик ML-7320С*

Технические характеристики волнового лазерного маркировщика ML-7320C представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики лазерного маркировщика ML-7320C.

Характеристика	Значение
1	2
Мощность лазера, Вт	20
Длина волны лазера, мм	1064
Ширина, мм	620
Частота следования импульсов, кГц	20-100
Качество светового пучка	2-5
Выходная мощность, кВт	0,60
Глубина маркировки, мм	0,1
Охлаждение	Воздушное
Стандартная зона маркировки, мм	140x395x142
Источник питания	90-260/50 Гц однофазный с заземлением

Лазерный маркировщик MACSA D-5005 представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 Лазерный маркировщик MACSA D-5005

Технические характеристики лазерного маркировщика MACSA D-5005 представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики лазерного маркировщика MACSA D-5005

Характеристика	Значение
1	2
Мощность лазера, Вт	10-100
Длина волны, мкм	1,06
Электроснабжение	115 В/230 В 50/60 Гц (1фаза +N) 800ВА/1000ВА/1200ВА/2000ВА/3800ВА
Габариты, мм	Голова 550x190x140 Модуль 650x543,5x297
Вес, кг	Голова 10/10/10/20/20 Системный модуль 42/46/51/70/116
Площадь печати, мм	От 60x60 до 170x170

Лазерный маркировщик Мини Маркер2- P20/50 представлен на рисунке 6.

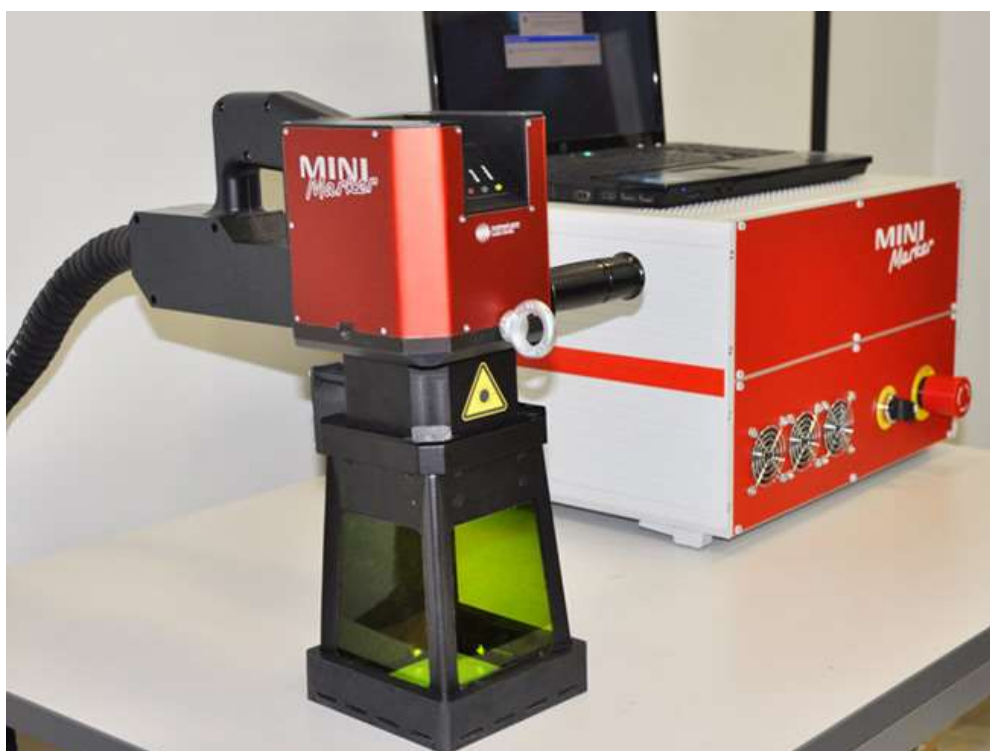


Рисунок 6 Лазерный маркировщик Мини Маркер2- P20/50

Технические характеристики лазерного маркировщика Мини Маркер2- P20/50 представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики лазерного маркировщика  
Мини Маркер2 - P20/50

Характеристика	Значение
1	2
Мощность лазера, Вт	20-50
Длина волны, мкм	1,064
Площадь печати, мм	От 60х60 до 170х170
Частота следования импульса, НС	100
Максимальная энергия в импульсе лазера, мДж	1,0
Охлаждение	Автономное воздушное
Поле обработки, мм	100х100
Скорость перемещение луча, м/с	до 8,7
Электропитание	220 В, 50 Гц до 0,7-1 кВт

Из технических характеристик данных лазерных маркировщиков видно, что все маркировщики имеют мощность лазера не менее 10 Вт, что позволяет наносить хорошее и качественное покрытие на металлические поверхности деталей. Кинематика данных лазерных маркировщиков очень проста. Так, как перемещение луча лазера происходит с помощью зеркал.

Из технических характеристик видно, что данные лазерные маркировщики предназначены для маркировки деталей с небольшими габаритами.

На рассмотренных маркировщиках настройка фокусного расстояния производится вручную, подъемом или опусканием стола.



## 2 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

Студент гр. 10А11

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

Д. Э. Шавдуков

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Руководитель  
к. т. н., доцент кафедры ТМС

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

А. В. Проскоков

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Нормоконтроль  
к. т. н., доцент кафедры ТМС

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

А. А. Ласуков

\_\_\_\_\_  
(Дата)

## 2.1 Конструкторская часть

### 2.1.1 Назначение лазерного устройства

На сегодняшний день все большее применение находит нанесение маркировки на детали с помощью лазера. Это простая процедура, надежная технология со стойким результатом. Для нанесения маркировки на поверхности металла требуется лазер с мощностью около 100-200 Вт. Однако такие лазеры имеют высокую стоимость и как следствие и сам станок имеет большую цену. Для нанесения маркировки также можно использовать и маломощные лазеры, но при этом требуется применение специальных покрытий, которые имеют хорошие адгезионные свойства.

Для осуществления процесса нанесения маркировки с помощью маломощного лазера с применением полимерного порошка требовалось сконструировать специальный рабочий макет станка.

Данный макет предназначен для лазерной маркировки деталей с различными габаритами. Конструкция лазерного устройства позволяет наносить маркировку на любых поверхностях.

### 2.1.2 Описание конструкции

В условиях лаборатории кафедры ТМС ЮТИ ТПУ был спроектирован лазерное устройство с ЧПУ для лазерной маркировки деталей.

Перед проектированием были рассмотрены аналоги станков для лазерной маркировки. В качестве основного аналога взят станок с подвижным порталом, обеспечивающий перемещение лазерной головки в продольном и поперечном направлениях. Для фокусировки лазера по высоте имеется вертикальное перемещение лазера.

Для исключения перекоса и заклинивания движения портала в продольном направлении необходимо наличие двух шаговых приводов [17]. Поэтому с целью упрощения кинематики станка было принято решение о применении одного двигателя, установленного на подвижном столе. При этом портал оставить неподвижным в продольном направлении. В поперечном направлении движение происходит перемещением лазерной головки. В вертикальном направлении перемещение происходит подъемом и опусканием радиатора охлаждения с лазером.

Одним из основных требований установки является возможность транспортирования одному человеку. Поэтому масса станка должна быть не более 5 кг.

В качестве материала для изготовления несущей системы была принята профильная квадратная труба из алюминиевого сплава, так как этот материал удовлетворяет по массе, легко поддается механической обработке и имеет широкое распространение.

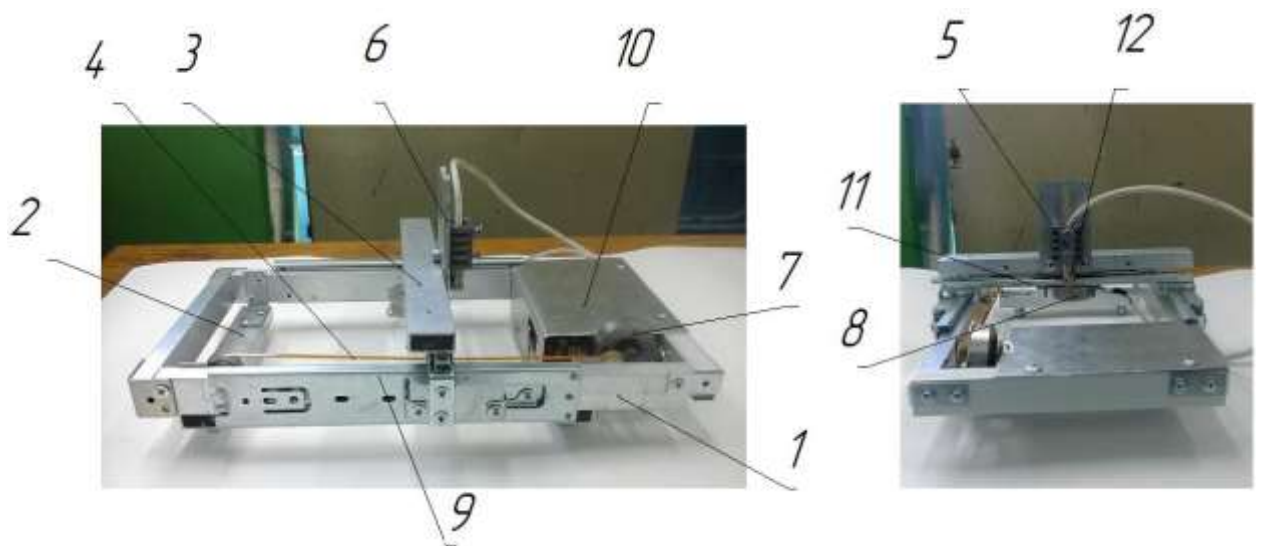
Электронная часть расположена в основании лазерной установки из алюминиевого корпуса.

Arduino Nano 3.0, построенная на микроконтроллере ATmega328 (Arduino Nano 3.0), имеет небольшие размеры благодаря чему может использоваться в небольших по размеру устройствах. В данной плате установлен другой интерфейсный чип FTDI CH340. Arduino Nano может получать питание через подключение Mini-B USB, или регулируемого 5 В, внешнего источника питания. Автоматически выбирается источник с самым высоким напряжением. На платформе Nano установлены 8 аналоговых входов, каждый разрешением 10 бит (т.е. может принимать 1024 различных значения).



*Рисунок 7 Arduino Nano 3.0*

На платформе Arduino Nano установлено несколько устройств для осуществления связи с компьютером, другими устройствами Arduino или микроконтроллерами. ATmega328 поддерживает последовательный интерфейс UART TTL (5 В), осуществляемый выводами 0 (RX) и 1 (TX). Установленная на плате микросхема FTDI CH340 направляет данный интерфейс через USB, а драйверы FTDI предоставляют виртуальный COM порт программы на компьютере. Мониторинг последовательной шины (Serial Monitor) программы Arduino позволяет посылать и получать текстовые данные при подключении к платформе. Светодиоды RX и TX на платформе будут мигать при передаче данных через микросхему FTDI или USB подключение.



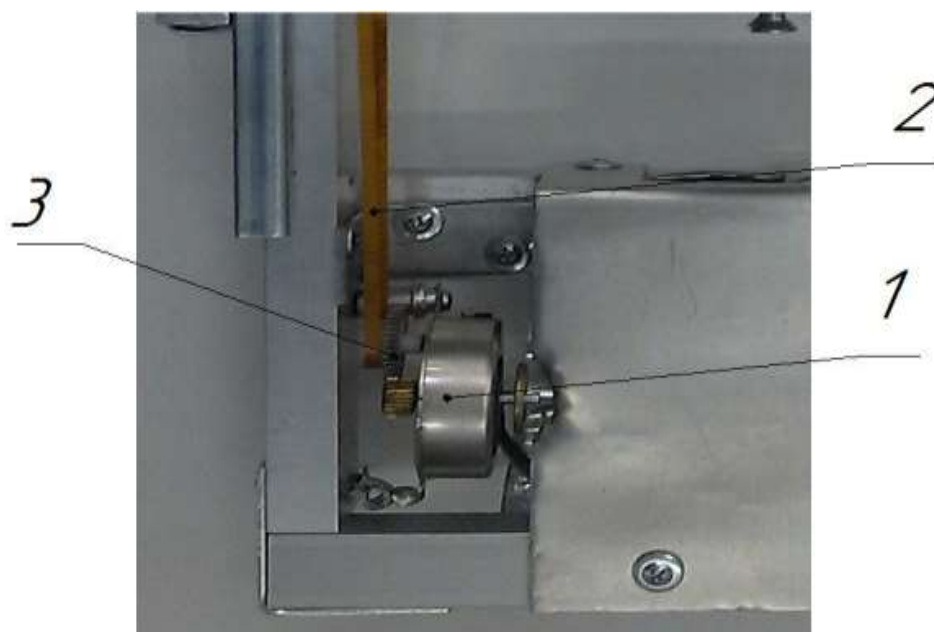
*Рисунок 9 Общий вид макета станка*

Станок состоит из двух основных частей, таких как основание 1, и подвижного портала 9. Основание служит для установки и закрепления подвижной части, а так же служит корпусом для закрепления и установки всей электронной аппаратуры.



*Рисунок 10 Внешний вид размещения электронной аппаратуры*

Макет станка имеет перемещение в трех координатах X, Y, Z.



*Рисунок 11 Внешний вид перемещения в продольном направлении.*

Перемещение в продольном направлении осуществляется шаговым двигателем 1 через зубчатое колесо 3 и зубчатым ремнем 2. В качестве приводов были выбраны шаговые двигатели с мощностью 7 Вт. Натяжение ременной передачи обеспечивается пружиной. Для поперечной подачи также используется шаговый двигатель с зубчатой рейкой.

Движение в вертикальном направлении осуществляется в ручную, перемещением радиатора движения с лазером вверх-вниз установленный на плите, ослабив винт М6. Охлаждение шаговых приводов - воздушное.



*Рисунок 12 Внешний вид лазера, установленного в макете станка*

Для крепления лазера на лазерном устройстве с ЧПУ для лазерной маркировки деталей необходимо было спроектировать приспособление для крепления лазера на вертикальную ось макета станка.

На первом этапе были рассмотрены аналоги конструкций для крепления подобных деталей. Наиболее рационально крепить лазер в цилиндрическое приспособление, так как корпус лазера имеет цилиндрическую форму. Это дает наилучшее центрирование и крепление лазера на макете станка. Так как из лазера выделяется тепло, было принято решение сконструировать радиатор охлаждения.

Так же рассматривалось несколько вариантов материалов изготовления приспособления. В связи с тем, что основным требованием, предъявляемым к приспособлению, является вес конструкции, хорошая теплопроводность, то в качестве основного материала был принят алюминиевый сплав.

В качестве основной заготовки был принят сортовой прокат обычной точности сортаментом 32х100 мм с алюминиевым сплавом АД31Т. Данный сплав удовлетворял всем условиям, предъявляемым к приспособлению.

Данное приспособление состоит из двух основных элементов: плита и радиатор охлаждения.

Радиатор охлаждения устанавливается в уступ плиты и закрепляется винтом на М6.

Основными требованиями, предъявляемыми к плите, являются шероховатость базового уступа и точное расположение двух отверстий под установку в вертикальном основании станка. К радиатору охлаждения также предъявляются требования к шероховатости базовому отверстию под установку лазера и расположению отверстия под крепления радиатора охлаждения к плите.

Базирование приспособления на вертикальной оси станка обеспечивается двумя отверстиями под винты. Крепление лазера в радиаторе охлаждения производится двумя винтами с резьбой М5х4.

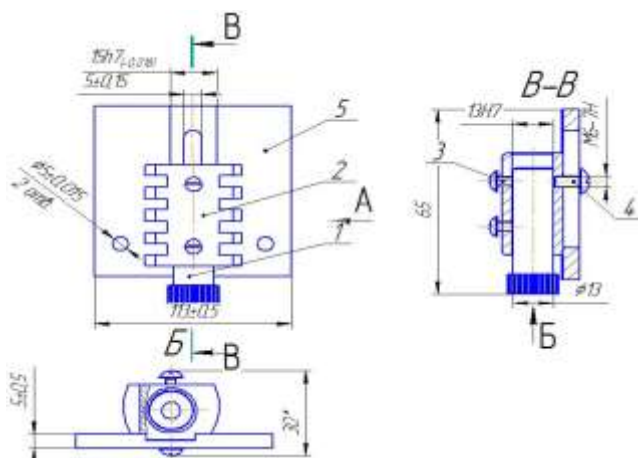


Рисунок 13 Приспособление для крепления

лазера в сборе: 1-лазер, 2-радиатор охлаждения, 3- 2 винта М5х6, 4- винт М6х8, 5-плата.

### 2.1.3 Расчет площади охлаждения теплоотвода

Площадь охлаждения теплоотвода рассчитывается чисто математически, измерив основные размеры радиатора:

$$S = ((a \times 2) + ((b + c + t + k) \times n) + l - d) \times h, \quad (1)$$

где: а - толщина несущего основания;

в и t – высота ребра с обеих сторон;

с – ширина верхушки ребра;

k – расстояние между ребрами радиатора;

L – длина радиатора;

n – количество ребер на радиаторе;

h – высота радиатора.

$$S = ((5 \times 2) + ((8 + 4 + 8 + 4) \times 10) + 36 - 4) \times 21 = 5922 \text{ мм}^2.$$

Радиатор площадью теплоотвода 5922 мм<sup>2</sup> из расчета, имеет тепловое сопротивление  $Q = 2,3 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$ . При допустимом перегреве 45<sup>о</sup>С получаем мощность рассеяния равна 45/2,3=19,57 Вт.

$$M = \frac{G}{W} = \frac{45}{2,3} = 19,57 \text{ Вт}. \quad (2)$$

При допустимом перегреве 45<sup>о</sup>С получаем мощность рассеяния 19,57 Вт. Мощность рассеяния маломощного лазера, который у нас используется, равна 8,5 Вт. Таким образом, радиатор охлаждения выполняет условия теплоотвода.

### 2.1.4. Оценка точности кинематики станка

На рисунке 14 представлена схема влияния перекоса направляющих на диаметр луча. Из рисунка 14 видно, что на длине между крайними положениями перекос составляет 1 мм. Изменение диаметров луча при перекосе направляющих в один мм составляет 0,005 мм. Соответственно при меньших перемещениях лазерной головки перекос направляющих будет составлять меньшее значение, и соответственно будет изменяться диаметр луча.

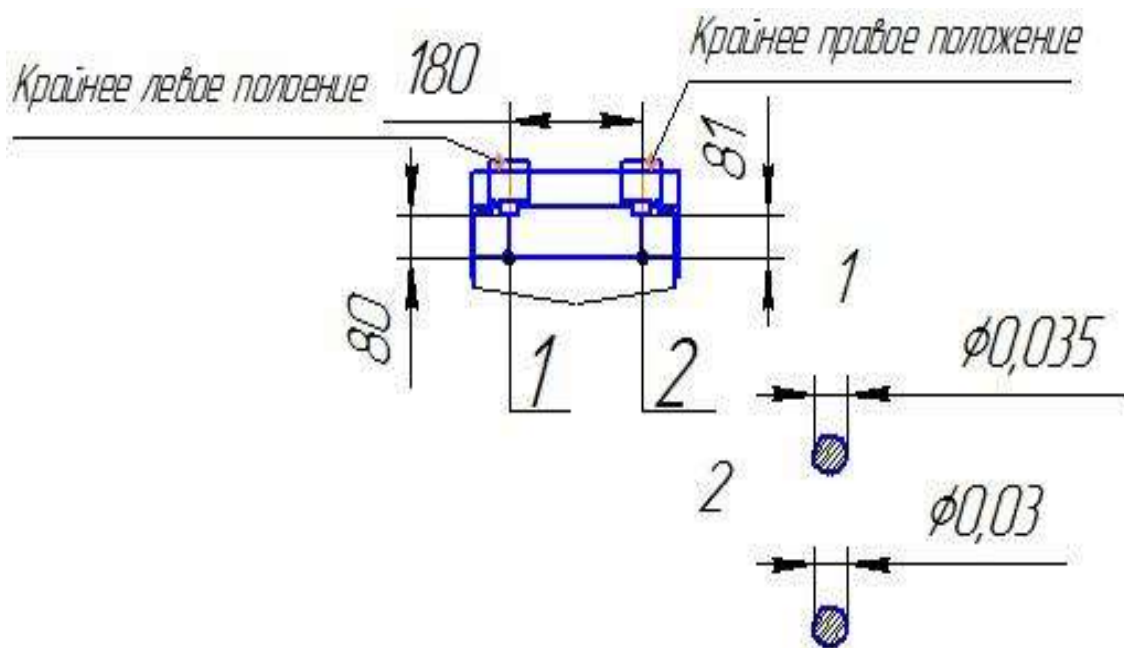


Рисунок 14 Влияние перекоса направляющих портала на диаметр луча

На рисунке 15 представлено влияние не перпендикулярности портала к направляющим стала. Из рисунка видно, что на предельном перемещении стола в 580 мм перекос составляет 2 мм. При наименьших перемещениях стола погрешность перекоса будет уменьшаться.

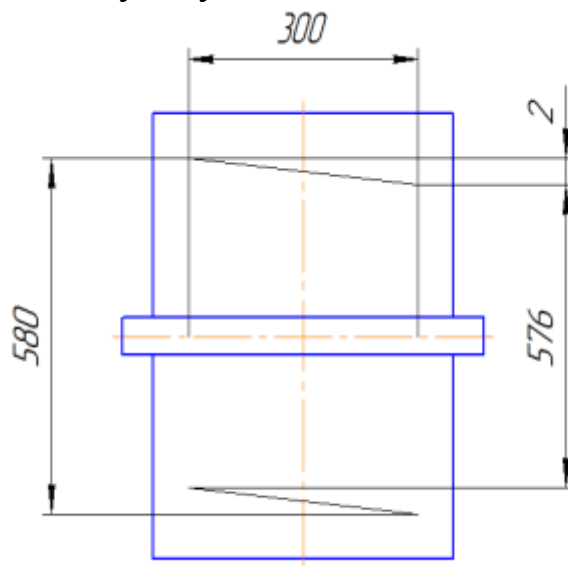


Рисунок 15 Неперпендикулярность портала относительно направляющих портала

Расчет погрешности базирования установки приспособления на каретки станка не требуется, так как угловое положения приспособления обеспечивается штифтами, а положение в плоскости каретки может быть любое, так как настройка ноля детали производится системой ЧПУ.



## 2.2 Технологическая часть

### 2.2.1 Служебное назначение и технические характеристики сборочной единицы.

В выпускной квалификационной работе разрабатывается технологический процесс на изготовление радиатора охлаждения, с кодом ФЮРА.А21.030.001.

Радиатор охлаждения входит в состав приспособления для крепления маломощного лазера на вертикальную ось макета станка. Радиатор охлаждения состоит из двух деталей, втулки и плиты. В рассматриваемое изделие устанавливаются два винта М5 для крепления лазера, и один винт М6 для закрепления радиатора на плите. Плита крепится двумя винтами М6 на вертикальном основании макета станка. Данное изделие выполняет функцию базировочного элемента для маломощного лазера, регулирования высоты фокусного расстояния и удержания его в макете станка.

Данное изделие будет изготавливаться из алюминиевого сплава АД31Т так как этот материал удовлетворяет по массе и по обработке по сравнению со сталью. АД31Т ГОСТ 4784-97 применяется в виде проката.

Химический состав алюминиевого сплава приведен в таблице 7 [1].

Таблица 7 – Химический состав алюминиевого сплава АД31Т

Основные компоненты, %				Примеси, % (не более)				
Al	Mg	Si	Fe	Cu	Mn	Zn	Ti	прочие
Остальное	0,45-0,9	0,22-0,6	0,35	0.1	0.1	0.1	0.1	0,15

Алюминиевый деформируемый сплав используется в машиностроении для изготовления деталей невысокой прочности и высокой коррозионной стойкости, работающих в интервале от минус 70 до плюс 50 град.

Механические свойства стали приведены в таблице 8 [1].

Таблица 8 – Физико-механические свойства алюминия

$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ Мпа	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	$\psi$ , %	НВ, 10 <sup>-1</sup> МПа
250	210	0,5	70	80

Технологические свойства для АД31Т по ГОСТ 4784-97 не нормируются.

Наиболее ответственными поверхностями являются паз на втулке шириной 15 мм, отверстие диаметром 13 мм под крепление лазера, с качеством точности Н9, высокая шероховатость на поверхностях паза. К размерам средней точности относятся длина и глубина пазов, отверстия под резьбу М5-7Н и М8-7Н, а также диаметр 30h11. К остальным размерам требования не предъявляются.

Из обработанных поверхностей основания к средним относят поверхности с Ra=3,2 мкм (5 класс шероховатости). Поверхности, имеющие параметр Ra=6,3 мкм, получают после механической обработки точением.

### 2.2.2 Производственная программа выпуска и определение типа производства

Деталь ФЮРА.А21.030.001 имеет объём выпуска 1000 шт. в год. По учебному пособию предварительно определяем, что тип производства среднесерийный [1].

Производственная программа выпуск представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Годовая программа выпуска изделия

Наименование изделия	Число изделий на программу	Масса, кг	
		Изделия	На годовую программу
Втулка	1000	1.5	600

Для мелко- и среднесерийного производства рассчитываем размер партии запуска по учебному пособию [2]:

$$n = N \cdot a / F, \quad (3)$$

где F - число рабочих дней в году;

a = 3, 6, 12, 24 - периодичность запуска в днях;

N - годовая программа выпуска изделий, шт.

$$n = 1000 \cdot 6 / 247 = 25 \text{ шт.}$$

### 2.2.3 Анализ типового технологического процесса.

В качестве заготовки для получения радиатора охлаждения, входящего в состав лазерного станка принят сортовой прокат обычной точности из алюминиевого сплава АД31Т ГОСТ 4789-97. Этот вид получения заготовки является оптимальным для данной конструкции детали, позволяет получать размеры, близкие к размерам детали, что уменьшает припуски на

механическую обработку, а также более однородную структуру металла, что повышает его механические свойства.

Базовый технологический процесс изготовления радиатора охлаждения ФЮРА.А21.030.001 разработан для мелкосерийного производства и представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Базовый технологический процесс

№ Опер.	Наименование операции	Оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент
1	2	3
005	Токарная 1 точить в Ø30 Н14 2 отрезать заготовку в размер 36 <sub>-0,39</sub> мм	Токарный станок
010	Сверлильная 1 сверлить в Ø13 Н9 согласно эскиза	Токарный станок
015	Слесарная 1 удалить заусенцы, притупить острые кромки после фрезеровки	Верстак Тиски Напильник
020	Фрезерная 1 фрезеровать 2 плоскости согласно эскиза (с переустановкой)	Станок 6Р82Г Тиски (подкладки)
025	Слесарная 1 удалить заусенцы, притупить острые кромки после фрезерования	Верстак Тиски Напильник
030	Фрезерная 1 фрезеровать уступ па размер 2 <sup>+0,1</sup>	Станок 6Р81Г Тиски (подкладки)
035	Фрезерная 1 фрезеровать 8 пазов в размер 4 <sup>+0,12</sup> мм, (с переустановкой) 2 фрезеровать 2 фаски в размер 0,5×45°	Станок 6Р13 Тиски (подкладки)
040	Сверлильная 1 сверлить отверстия Ø4,95 2 сверлить отверстие Ø5,7	Станок 2Н125 Тиски (подкладки)

Продолжение таблицы 10

1	2	3
045	<p>Слесарная</p> <p>1 удалить заусенцы, притупить острые кромки после сверления</p> <p>2 нарезать резьбу М5-1,25-7Н</p> <p>3 нарезать резьбу М6-1,5-7Н</p>	<p>Верстак</p> <p>Метчик М5-1,25-7Н</p> <p>Метчик М6-1,5-7Н</p>
050	<p>Контрольная</p> <p>1 проверить деталь согласно требованиям чертежа и техпроцесса</p>	Плита
055	<p>Консервация</p> <p>1 поверхности деталей покрыть тонким слоем машинного масла</p> <p>2 оформить приемку деталей</p>	Участок

При анализе данного технического процесса необходимо изменить последовательность операций, чтобы сократить длительность технологического процесса при изготовлении данного изделия.

В результате анализа можно принять такие пути улучшения технологического процесса:

- применить более прогрессивное оборудование;
- применение концентрированного технологического перехода;
- использовать заготовку в виде проката.

#### 2.2.4 Анализ технологичности объекта производства

Базы в технологическом процессе выбраны рационально, соблюдены правила и принципы базирования. Средства технологического оснащения соответствуют данному типу производства, оборудование, оснастка и мерительный инструмент универсальные, инструмент стандартизован, специальный инструмент не используется. На чертеже достаточно видов, размеров, сечений, дающих полное представление о конструкции детали, а простановка размеров рациональна. Указаны все необходимые требования шероховатости, отклонения формы и расположений поверхностей, сведения о материале изделия, применении защитных покрытий, масса, а так же способ получения заготовки.

### 2.2.5 Качественная оценка технологичности

Технологичным является то, что деталь имеет хорошие базовые поверхности для установки на станке, позволяет применять высокопроизводительные режимы обработки. Деталь не имеет отверстий, расположенных не под прямыми углами. Все пересекающиеся отверстия расположены под прямым углом друг к другу. Конструкция детали позволяет вести обработку плоскостей на проход. Материал обрабатывается стандартными инструментами из быстрорежущей стали оснащенными твёрдосплавными пластинами. Взаимное расположение поверхностей детали не вызывает трудности при подводе режущего инструмента. Алюминиевый сплав АД31Т обладает хорошей технологичностью. Получаемая заготовка рациональна.

Не технологичным является большое количество пазов, так как их обработка увеличивает трудоемкость изготовления детали. Конструкция детали требует разметочных операций, что является не технологичным. Много слесарных операций. Не все размеры можно проконтролировать с помощью универсального мерительного инструмента.

### 2.2.6 Количественная оценка технологичности

Количественная оценка технологичности рассчитывается по учебному пособию [3].

Коэффициент использования материала вычисляется по формуле:

$$K_{им} = \frac{m_d}{m_z}, \quad (4)$$

где  $K_{им}$  – коэффициент использования материала,

$m_d$  – масса детали, кг;

$m_z$  – масса заготовки, кг.

$$K_{им} = \frac{0,36}{0,5} = 0,72.$$

Так как  $K_{им}$  больше 0,7, то условие выполняется, деталь по этому показателю технологична.

Коэффициент унификации конструктивных элементов вычисляется по формуле:

$$K_{y\partial} = \frac{Q_{y\partial}}{Q_{\partial}}, \quad (5)$$

где  $K_{y\partial}$  – коэффициент унификации конструктивных элементов;

$Q_{y\partial}$  – количество унифицированных элементов, шт;

$Q_{\partial}$  – количество элементов всего в изделии, шт.

$$K_{y\partial} = \frac{14}{37} = 0,37$$

Так как  $K_{уд}$  меньше 0,6, то деталь по этому показателю технологична.

Коэффициент точности обработки вычисляется по формуле:

$$K_{m.o} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} = 1 - \frac{1}{3} = 0,66 \geq 0,5, \quad (6)$$

где  $K_{то}$  – коэффициент точности обработки.

Так как  $K_{то}$  больше 0,5, то деталь по этому показателю технологична.

Средний квалитет точности находим по формуле:

$$A_{cp} = \Pi_1 + 2\Pi_2 + 3\Pi_3 + \dots + 14\Pi_{14} / \Pi_{\Sigma} \quad (7)$$

где  $A_{cp}$  – средний квалитет точности, мкм;

$\Pi_1 \dots 14\Pi_{14}$  – количество размеров с квалитетом, шт;

$\Pi_{\Sigma}$  – число поверхностей детали, шт;

$$A_{cp} = 1 + 2 \cdot 2 / 2 = 3$$

По этому показателю деталь технологична, так как средний квалитет точности больше 0,5.

Коэффициент шероховатости вычисляется по формуле:

$$K_{шp} = \frac{1}{B_{cp}}, \quad (8)$$

где  $K_{шп}$  – коэффициент шероховатости.

где  $B_{cp}$  – средняя шероховатость поверхностей;

Средняя шероховатость поверхностей находится по формуле:

$$B_{cp} = \frac{\sum_{i=1} Ra_i \cdot nRa_i}{n_{\Sigma}} = \frac{(3,2 \cdot 3) + (6,3 \cdot 3) + (2,5 \cdot 5)}{18} = 2,27, \quad (9)$$

$\Sigma Ra_i$  – заданная шероховатость, мкм;

$nRa_i$  – количество поверхностей имеющих шероховатость, шт;

$n_{\Sigma}$  – суммарное количество поверхностей, шт.

$$K_{шp} = \frac{1}{2,27} = 0,44 \leq 0,32$$

Так как  $K_{шп}$  больше 0,32, то, по этому показателю деталь не технологична.

В ходе анализа количественной оценки технологичности выяснилось, что все показатели соответствует требованиям технологичности. Это вызвано особенностями конструкции изделия. В целом можно заключить, то что по количественной и качественной оценкам деталь является технологична.

## 2.2.7 Выбор заготовки и методы ее изготовления

Необходимо выбрать способ получения заготовки для изготовления радиатора охлаждения ФЮРА.А21.030.001 из алюминиевого сплава АД31Т в условиях мелкосерийного производства. Предлагается два варианта получения заготовки на основании анализа конструкции детали: сортовой прокат обычной точности и сортовой прокат высокой точности.

Масса детали – 0,36 кг.

Определяем объём заготовки

$$V=\pi R^2 h=3,14 \times 1,8 \times 40=226,08 \text{ см}^3,$$

(10)

$$M= V \times \rho =226,08 \times 2710=138,5 \text{ кг.}$$

(11)

Стоимость 1 кг горячекатаного круга обычной точности  $Q=180$  руб/кг.

$$S_{\text{заг}}=QS-(Q-q)\frac{S_{\text{отх}}}{1000}=0,5 \times 180-(0,5-0,36)\frac{35000}{1000}=85,1 \text{ кг.}$$

(12)

Стоимость 1 кг горячекатаного круга повышенной точности  $Q=250$  руб/кг

$$S_{\text{заг}}=QS-(Q-q)\frac{S_{\text{отх}}}{1000}=0,5 \times 250-(0,5-0,36)\frac{35000}{1000}=120,1 \text{ руб}$$

(13)

Необходимо выбрать способ получения заготовки радиатора охлаждения алюминиевый сплав АД31Т ГОСТ в условиях мелкосерийного производства.

## 2.2.8 Оценка экономической эффективности заготовки

Заготовка, получаемая из горячекатаного круга обычной точности экономически более выгодна, чем заготовка, получаемая из круга повышенной точности. При равных затратах материала, затраты на изготовление заготовки из круга обычной точности очевидно меньше, чем затраты на производство круга повышенной точности. Примерную экономическую прибыль от получения заготовки определяем по формуле:

$$\Xi=(S_{\text{заг1}}-S_{\text{заг2}})N=(120,01-85,1) \times 1000=34910 \text{ руб.} \quad (14)$$

Окончательно принимаем метод горячекатаного проката обычной точности как базовый.

## 2.2.9 Составление технологического маршрута обработки

Разработанный технологический маршрут приведен в таблице 11.

Таблица 11-Технологический маршрут

№ Опер.	Наименование операции	Оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент
1	2	3
005	Токарно-револьверная - подрезать торец 1 в размер $1 \pm 0,3$ мм - точить поверхность 2 выдерживая размеры $\varnothing 30$ Н14, 40 мм	

Продолжение таблицы 11

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- сверлить отверстие 3 выдерживая размер Ø12,5 H14 на проход</li> <li>- зенкеровать отверстие 3 выдерживая размер Ø13 H11 на проход</li> <li>- развернуть отверстие 3 выдерживая размер Ø13 H9</li> <li>- отрезать заготовку выдерживая размер <math>36 \pm 0,39</math> мм</li> </ul>	Токарно-револьверный станок 1Г340П
010	<p>Вертикально-сверлильная Установ А</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- зенковать фаску 1 в размер <math>0,5 \times 45^\circ</math></li> </ul> <p>Установ Б</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- зенковать фаску 2 в размер <math>0,5 \times 45^\circ</math></li> </ul>	Вертикально-сверлильный станок 2Н125
015	<p>Слесарная</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- удалить заусенцы, притупить острые кромки</li> </ul>	Верстак
020	<p>Горизонтально-фрезерная</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- фрезеровать уступ 1 в размер <math>9,5-0,15</math> мм, <math>7,5 \pm 0,5</math> мм</li> <li>- фрезеровать уступ 2 в размер <math>9,5-0,15</math> мм, <math>15-0,3</math> мм</li> </ul>	Горизонтально-фрезерный станок 6Р81
025	<p>Вертикально-фрезерная</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- фрезеровать плоскость 1 в размер <math>21-0,21</math> мм</li> <li>- фрезеровать плоскость 2 в размер <math>9,5-0,15</math> мм</li> </ul>	Вертикально-фрезерный станок 6Р13
030	<p>Вертикально-сверлильная</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сверлить отверстия Ø4,9H14 2 отверстия</li> <li>- сверлить отверстие Ø5,7H14</li> <li>- нарезать резьбу М5-1,25-7Н в 2 отверстиях</li> <li>- нарезать резьбу М6-1,5-7Н</li> </ul>	Вертикально-сверлильный станок 2Н125



Продолжение таблицы 11

1	2	3
035	Слесарная - удалить заусенцы, притупить острые кромки после фрезеровки	Верстак
040	Горизонтально-фрезерная Установ А - фрезеровать пазы 1 в размеры $4\pm 0,3$ мм, $20\pm 0,3$ мм, $28\pm 0,3$ мм, $36\pm 0,3$ мм набором фрез Установ Б - фрезеровать пазы 2 в размер $4\pm 0,3$ мм, $20\pm 0,3$ мм, $28\pm 0,3$ мм, $36\pm 0,3$ мм набором фрез	Горизонтально-фрезерный станок 6Р81Г
045	Слесарная - удалить заусенцы, притупить острые кромки после сверления - нарезать резьбу М5-1.25-7Н в двух отверстиях - нарезать резьбу М6-1.5-7Н	Верстак  Метчик М5-1.25-7Н  Метчик М6-1.5
050	Контрольная 1 проверить деталь согласно требованиям чертежа и техпроцесса 2 оформить приемку деталей	Плита
055	Консервация 1 поверхности деталей покрыть тонким слоем машинного масла И-20 ГОСТ 20799-75 2 уложить детали в тару	Участок

### 2.2.9 Выбор баз

Операция 005 токарно-револьверная

Заготовки базируются в цанговом патроне.

На все линейные размеры измерительная и технологическая базы совпадают, поэтому погрешность базирования равна нулю,  $\varepsilon_6=0$ .

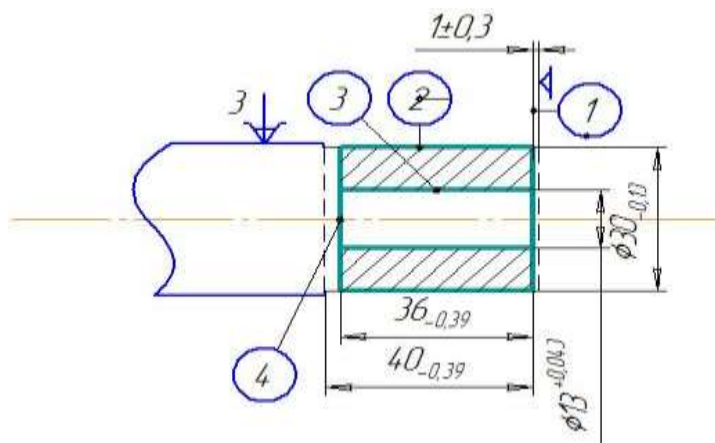


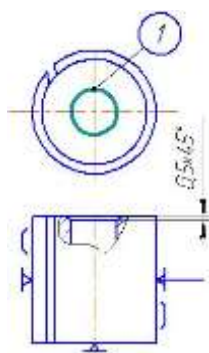
Рисунок 16 Эскиз обработки поверхности и отверстия

Операция 010 вертикально-сверлильная

Заготовка базируется в зажимном кольце на тисках.

На все линейные размеры измерительная и технологическая базы совпадают, поэтому погрешность базирования равна нулю,  $\varepsilon_6=0$ .

Установ А



Установ Б

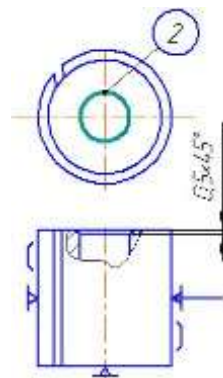


Рисунок 17 Эскиз обработки фасок

Операция 020 Горизонтально-фрезерная

Заготовка базируется в цанговой оправке.

Погрешность базирования равна нулю,  $\varepsilon_6=0,14$ , т. к. погрешность равна величине допуска цанговой оправки.

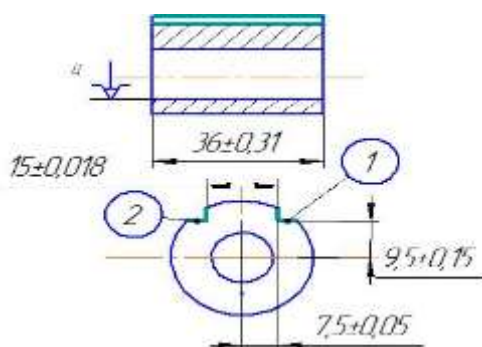


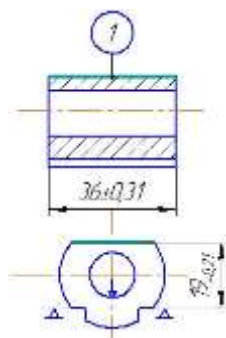
Рисунок 18 Эскиз обработки уступов

### Операция 025 Вертикально-фрезерная

Заготовка базируется в тисках.

На все линейные размеры измерительная и технологическая базы совпадают, поэтому погрешность базирования равна нулю,  $\varepsilon_6=0$ .

Установ А



Установ Б

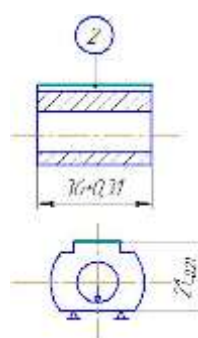


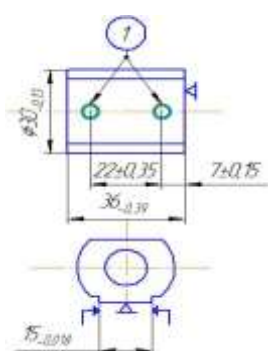
Рисунок 19 Эскиз обработки поверхностей

### Операция 030 Вертикально-сверлильная

Заготовка базируется по трём плоскостям в самоцентрирующемся приспособлении.

На все линейные размеры измерительная и технологическая базы совпадают, поэтому погрешность базирования равна нулю,  $\varepsilon_6=0$ .

Установ А



Установ Б

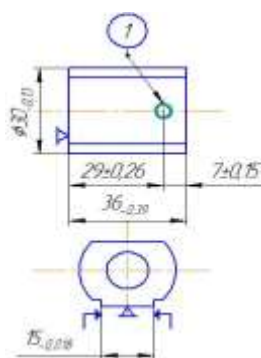


Рисунок 20 Эскиз обработки отверстий

### Операция 035 горизантально-фрезерная

Заготовка базируется по трём плоскостям в самоцентрирующемся приспособлении.

На все линейные размеры измерительная и технологическая базы совпадают, поэтому погрешность базирования равна нулю,  $\varepsilon_6=0$ .

Установ А

Установ Б

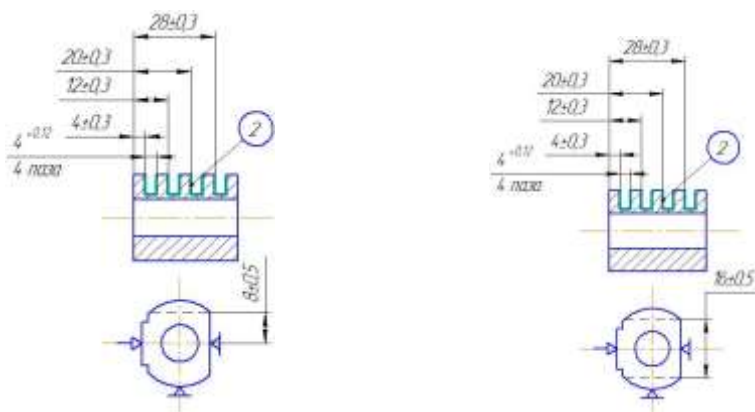


Рисунок 21 Эскиз обработки пазов

### 2.2.11 Выбор технологического оборудования

Технологическое оборудование выбираем в соответствии с технологическим маршрутом и серийностью производства.

Для операции 005 выбираем токарно-револьверный станок модели 1Г340П, технические характеристики приведены в таблице 12. Выбор данной модели станка обусловлено выбором операции, размерам оборудования под размер заготовки, соответствует по точности.

Для операции 025 выбираем вертикально-фрезерный станок модели 6Р11. Выбор данной модели станка обусловлено выбором операции, размерам оборудования под размер заготовки, соответствует по точности. Технические характеристики приведены в таблице 13.

Для операции 020 и 040 выбираем горизонтально-фрезерный станок модели 6Р81Г. Выбор данной модели станка обусловлено выбором операции, размерам оборудования под размер заготовки, соответствует по точности. Технические характеристики приведены в таблице 14.

Для операций 010 и 030 выбираем вертикально-сверлильный станок модели 2Н125. Выбор данной модели станка обусловлено выбором операции, размерам оборудования под размер заготовки, соответствует по точности. Технические характеристики приведены в таблице 15.

Выбор технологического оборудования приведены в таблицах 12, 13, 14, 15.

Таблица 12 – Технические характеристики станка модели 1Г340П

Характеристики	Значение
1	2
Наибольший диаметр изделия устанавливаемого над станком, мм	400

Продолжение таблицы 12

1	2
Расстояние от переднего торца шпинделя до револьверной головки, мм наименьшее наибольшее	120 630
Класс точности по длине, мм	0,12÷0,14
Расстояние от низа основания станка до оси шпинделя, мм	1060
Частота вращения шпинделя при патронном исполнении, об/мин	36÷1600
Количество подач револьверного суппорта продольных поперечных	12 12
Пределы рабочих подач, мм/об продольных поперечных	0,035÷1,6 0,02÷0,8
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	9
Габаритный размеры, мм длина ширина высота	2800 1200 1400
Масса, кг	3000

Таблица 13 – Технические характеристики станка модели 6P11

Характеристики	Значение
1	2
Размеры рабочей поверхности стола, мм:	1000 x 250
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное не менее	630
поперечное не менее	200
вертикальное не менее	360
Перемещение стола на один поворот лимба, мм:	
продольное и поперечное	6
вертикальное	3

Продолжение таблицы 13

1	2
Расстояния от торца шпинделя до стола, мм: наименьшее наибольшее	50 440
Наименьшее расстояние от задней кромки стола до вертикальных направляющих станины не более, мм	45
Расстояние от оси шпинделя до вертикальных направляющих, мм	285
Электродвигатель шпинделя Число оборотов, об/мин Мощность, кВт	1400 5,5
Электродвигатель подачи Число оборотов, об/мин Мощность, кВт	1400 1,5
Габаритные размеры станка, мм (длина x ширина x высота)	1480 x 1990 x 1970
Масса станка, кг	2360

Таблица 14 – Технические характеристики станка модели 6P81Г

Характеристики	Значение
1	2
Размеры рабочей поверхности стола, мм	1000x250
Число Т-образных пазов стола	4
Ширина Т-образного паза, мм: калиброванного крайнего	14Н8 14Н12
Расстояние между Т-образными пазами, мм	50
Расстояние от оси шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	50-440
Расстояние от оси горизонтального шпинделя до хобота(ползуна), мм	138
Расстояние от торца шпинделя до торца поддержки, мм	580

Продолжение таблицы 14

1	2
Перемещение стола, мм	
продольное	710
поперечное	250
вертикальное	390
Перемещение стола на один поворот лимба, мм	
продольное,	6
поперечное	6
вертикальное	2
Конец шпинделя по ГОСТ 24644-80 горизонтального и вертикального	50
Число ступеней частот вращения шпинделя: горизонтального или вертикального	21
Частота вращения шпинделя, об/мин: горизонтального или вертикального	16-1600
Число подач стола	16
Рабочая подача стола, мм/мин	
продольная	2900
поперечная	2300
вертикальная	765
Допустимый диаметр фрез, мм горизонтального и вертикального шпинделей	125
Количество электродвигателей на станке	3
Сумарная мощность, кВт	7,37
Габариты, мм	2135x1725x1695
Масса, кг	2300

Таблица 15 – Технические характеристики станка модели 2Н125

Характеристики	Значение
1	2
Класс точности	Н
Наибольший диаметр сверления в стали 45 ГОСТ 1050-74, мм	25
Размеры конуса шпинделя по ГОСТ 25557-82	Морзе 3
Расстояние от оси шпинделя до направляющих колонны, мм	250
Наибольший ход шпинделя, мм	200

Продолжение таблицы 15

1	2
Расстояние от торца шпинделя, мм: до стола до плиты	60-700 690-1060
Наибольшее (установочное) перемещение сверлильной головки, мм	170
Перемещение шпинделя за один оборот штурвала, мм	122,46
Рабочая поверхность стола, мм	400×450
Наибольший ход стола, мм	270
Установочный размер Т-образных пазов в столе по ГОСТ 1574-75: - центрального - крайних	4Н9 14Н11
Расстояние между двумя Т-образными пазами по ГОСТ 6569-75, мм	80
Количество скоростей	12
Пределы частоты вращения шпинделя, 1/мин	45-2000
Количество подач	9
Пределы подач, мм/об	0.1-1.6
Наибольшее количество нарезаемых отверстий в час	60
Габаритные размеры, мм: - высота - ширина - длина	2350 785 915
Масса станка, кг	880

## 2.2.12 Выбор технологической оснастки.

Технологическая оснастка предоставлена в таблице 16.

Таблица 16 – Технологическая оснастка

Операция	Наименование операции	Рабочий инструмент, вспомогательная оснастка, мерительный инструмент, приспособления, средства защиты
1	2	3
005	Токарно-револьверная	Инструмент: - резец проходной отогнутый 2102-0097 ГОСТ 18877-73; - резец проходной упорный 2101-0001



Продолжение таблицы 16

1	2	3
		<p>ГОСТ 18879-83;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сверло Ø12.5 2301–3587 ГОСТ 2034-80;</li> <li>- зенкер Ø13 020-082 ГОСТ 14953-80;</li> <li>- развертка Ø13 2363-3396 ГОСТ 1672-80;</li> <li>- резец отрезной 2130-0521 ГОСТ 19975-74.</li> </ul> <p>Оснастка:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- цанговый патрон 6151-0051 ГОСТ 17200-71.</li> </ul> <p>Измерительный инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- калибр пробка 8133-0927 ГОСТ 14810-69.</li> <li>- штангенциркуль ШЦ-I-0-125-0,05 ГОСТ 166-89.</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- очки защитные открытые ЗП1–80–У ГОСТ 124.013-85;</li> <li>- костюм хлопчатобумажный ГОСТ 12.4.109.</li> </ul>
010	Вертикально-сверлильная	<p>Инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- зенковка 2353–0138 ГОСТ 14953-74.</li> </ul> <p>Оснастка:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оправка кольцевая ФЮРА. А21.030.005;</li> <li>- тиски слесарные с ручным приводом ГОСТ 4045–75.</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- очки защитные открытые ЗП1–80–У;</li> <li>- костюм хлопчатобумажный ГОСТ 12.4.109.</li> </ul>
015	Слесарная	<p>Инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- напильник 2820–0026 ГОСТ 1465–80.</li> </ul> <p>Оснастка:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- слесарный верстак ГОСТ 16371–93;</li> <li>- тиски слесарные ГОСТ 4045–75.</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- очки защитные открытые ЗП1–80–У;</li> <li>- костюм хлопчатобумажный ГОСТ 12.4.109.</li> </ul>

Продолжение таблицы 16

1	2	3
020	Горизонтально-фрезерная	<p>Инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- фреза дисковая 50 x16x4 2250-0002 ГОСТ 3964-69 2 шт;</li> <li>- цанга 7010-0031 ГОСТ 2876-80;</li> <li>- цанговая оправка 7110-0525 ГОСТ 16213-70;</li> <li>- УСП.</li> </ul> <p>Оснастка:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- тиски слесарные с ручным приводом ГОСТ 4045-75.</li> </ul> <p>Измерительный инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- микрометр МК 50-1 ГОСТ 6507-90;</li> <li>- штангенциркуль ШЦ-I-0-125-0,05 ГОСТ 166-89</li> <li>- образец шероховатости 2,5 ШП ГОСТ 9378-93.</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- очки защитные открытые ЗП1-80-У ГОСТ 124.013-85;</li> <li>- костюм хлопчатобумажный ГОСТ 12.4.109.</li> </ul>
025	Вертикально-фрезерная	<p>Инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- фреза концевая Ø 15 2215-1314 ГОСТ 17025-79;</li> <li>- цанговая оправка 7110-0525 ГОСТ 16213-70.</li> </ul> <p>Оснастка:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- прихват специальный;</li> <li>- подкладки;</li> <li>- тиски слесарные с ручным приводом ГОСТ 4045-75.</li> </ul> <p>Измерительный инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- штангенциркуль ШЦ-I-0-125-0,05 ГОСТ 166-89;</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- костюм хлопчатобумажный ГОСТ 12.4.109;</li> <li>- очки защитные открытые ЗП1-80-У.</li> </ul>
030	Вертикально-сверлильная	<p>Инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сверло Ø 4.95 2301-0015 ГОСТ 10903-77;</li> <li>- сверло Ø 5,7 2301-0001 ГОСТ 10903-77.</li> </ul> <p>Оснастка:</p>

Продолжение таблицы 16

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- тиски слесарные с ручным приводом ГОСТ 4045–75.</li> <li>- планка технологическая;</li> <li>- винты М5-7Н – 2 шт.</li> </ul> <p>Измерительный инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- калибр 8315-0465 ГОСТ 24115-80;</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- очки защитные открытые ЗП1–80–У;</li> <li>- костюм хлопчатобумажный ГОСТ 12.4.109.</li> </ul>
035	Слесарная	<p>Инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- напильник 2820–0026 ГОСТ 1465–80.</li> </ul> <p>Оснастка:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- слесарный верстак ГОСТ 16371–93;</li> <li>- тиски слесарные с ручным приводом ГОСТ 4045–75.</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- очки защитные открытые ЗП1–80–У;</li> <li>- костюм хлопчатобумажный ГОСТ 12.4.109.</li> </ul>
040	Горизонтально-фрезерная	<p>Инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- фреза дисковая 50x16x4 2250-0002 ГОСТ 3964-69 4 шт.</li> <li>- оправка 7110–0525 ГОСТ 16213–70.</li> </ul> <p>Измерительный инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- штангенциркуль ШЦ-I-0-125-0,05 ГОСТ 166-89</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- очки защитные открытые ЗП1–80–У;</li> <li>- костюм хлопчатобумажный ГОСТ 12.4.109.</li> </ul>
045	Слесарная	<p>Инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- напильник 2820–0026 ГОСТ 1465–80.</li> </ul> <p>Оснастка:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- слесарный верстак ГОСТ 16371–93;</li> <li>- тиски слесарные с ручным приводом ГОСТ 4045–75.</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- очки защитные открытые ЗП1–80–У;</li> <li>- костюм хлопчатобумажный ГОСТ 12.4.109.</li> </ul>

### 2.2.13 Расчёт припусков

Для наиболее точных поверхностей определяем припуски аналитическим методом используя интернет ресурс [20]. Расчет припусков для вала диаметром 30Н11 приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет припусков

Технологический переход обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Мин. припуск $2Z_{min}$ , мкм	Расчётный размер, мм	Допуск TD, мм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz	h	DE	e				min	max	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IT14	12,5	40	150	0	2x0	27,6 60	0,6 2	27,0 4	27,6 6	-40	1240
IT12	6,3	20	6	0	2x23	28,06 5	0,2 5	27,8 2	28,0 7	410	780
IT11	3,2	20	1	0	2x32	28,13	0,1 3	28 3	28,1 3	60	180
	$Z_{max} = 2200$ мкм										
	$Z_{min} = 430$ мкм										
	$Z_{max} - Z_{min} = 1770$ мкм										
	$Td_{заг} = 1900$ мкм										
	$Td_{дет} = 130$ мкм										
	$Td_{заг} - Td_{дет} = 1770$ мкм										

Расчет припусков для отверстия диаметром 13Н9 приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет припусков

Технологически й переход обработ к-и поверхн о-сти	Элементы припуска, мкм				Мин. припуск $2Z_{min}$ , мкм	Расчётный размер, мм	Допуск TD, мм	Предельные размеры, мм		Предельны е значения припусков, мкм	
	Rz	h	D E	e				min	max	2Z min	2Zma x
IT14	25	40	15 0	0	2x0	13,536	0,62	12,9 2	13,54	40	1320
IT11	12,5	20	6	0	2x215	13,966	0,25	13,7 2	13,97	430	800
IT9	6,3	20	1	0	2x39	14,043	0,04 3	14	14,043	73	280
	$Z_{max} = 2400$ мкм										
	$Z_{min} = 543$ мкм										
	$Z_{max} - Z_{min} = 1857$ мкм										
	$Td_{заг} = 1900$ мкм										
	$Td_{дет} = 43$ мкм										
	$Td_{заг} - Td_{дет} = 1857$ мкм										

#### 2.2.14 Расчет режимов резания

Расчёт режимов резания производим по [10, 11], результат приведён в таблице 19.

Расчет основного технологического времени для фрезерования торцевой фрезой рассчитывается по формуле (15).

$$T_o = \frac{l_o + l_{вр} + l_{пер}}{S_M} \cdot i, \quad (15)$$

где  $l_o$ – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{вр}$ – длина врезания, мм;

$l_{пер}$ – длина перебега, мм;

$S_M$ – минутная подача, мм/мин.

$$l_{вр} = \sqrt{t \cdot (D_\phi - t)} + (0,5 - 3) \text{ мм}, \quad (16)$$

где  $D_\phi$  – диаметр фрезы, мм;

$t$ – глубина резания, мм.

$$l_{пер} = (2 - 5), \text{ мм.}$$

Расчет длины врезания концевой фрезой рассчитывается по формуле (17).

$$l_{ер} = 0,5 \cdot D_{\phi} + (0,5 - 1), \quad (17)$$

$$l_{пер} = 2 \text{ мм.}$$

Расчет основного технологического времени для сверления, развертывания рассчитывается по формуле (18).

$$T_o = \frac{l_o + l_{ер} + l_{пер}}{S_M \cdot n}, \quad (18)$$

где  $n$  – частота вращения шпинделя, об/мин.

$$l_{ер} = 0,5 \cdot D_{св} - l_n \cdot ctg + (0,5 - 1) \text{ мм}, \quad (19)$$

где  $D_{св}$  – диаметр сверла, мм;

$l_{пер}$  – длина перемычки, мм;

$\phi$  – главный угол в плане инструмента

Для развертывания

$$l_o = \frac{D - d}{2 \cdot tg \phi}, \quad (20)$$

$$l_{ер} = (2 - 5),$$

$$l_{пер} = 0.$$

где  $h$  –высота скосов, мм.

Назначение режимов резания обработки радиатора охлаждения представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет режимов резания

№ операции	Инструмент	Режимы резания
1	2	3
005	Резец проходной отогнутый 2102-0097 ГОСТ 18877-73. Подрезать торец 1 в размер $1 \pm 0,3$ мм.	Глубина резания $t = 1$ мм. Подача $S = 0,18$ мм/об. Скорость резания $V = 140,6$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 1400$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,6$ мин.

Продолжение таблицы 19

1	2	3
	Резец проходной упорный 2101-0001 ГОСТ 18879-83. Расточить поверхность 2 выдерживая размеры Ø30 Н14, 40 мм	Глубина резания $t = 1$ мм. Подача $S = 0,18$ мм/об. Скорость резания $V = 188,4$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 1900$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,8$ мин.
	Сверло Ø12.5 2301-3587 ГОСТ 2034-80. Рассверлить отверстие 3 выдерживая размер Ø12.5 на проход.	Глубина резания $t = 6,25$ мм. Подача $S = 0,35$ мм/об. Скорость резания $V = 135,5$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 90$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,10$ мин.
	Зенкер Ø13 020-082 ГОСТ 14953-80. Зенкеровать отверстие 3 выдерживая в размер Ø13 Н11 на проход.	Глубина резания $t = 0,25$ мм. Подача $S = 0,35$ мм/об. Скорость резания $V = 140,8$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 1000$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,6$ мин.
	Развертка Ø13 2363-3396 ГОСТ 1672-80. Развернуть отверстие 3 выдерживая размер Ø13 Н9 на проход.	Глубина резания $t = 0,25$ мм. Подача $S = 0,35$ мм/об. Скорость резания $V = 146,8$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 1000$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,5$ мин.
	Резец отрезной 2130-0521 ГОСТ 19975-74. Отрезать заготовку выдерживая размер 36 <sub>-39</sub> мм.	Глубина резания $t = 4$ мм. Подача $S = 0,16$ мм/об. Скорость резания $V = 188,4$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 1000$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,8$ мин.

Продолжение таблицы 19

010	Зенковка 2353-0138 ГОСТ 14953. Зенковать 2 фаски в размер $0,5 \times 45^\circ$	Глубина резания $t = 0,5$ мм. Подача $S_{\min} = 0,18$ мм/мин. Скорость резания $V = 181,6$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 2000$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,32$ мин.
020	Фреза дисковая 50x16x4 2250-0002 ГОСТ 3964-69. Фрезеровать 1 уступ в размер $7,5 \pm 0,05$ мм. Фрезеровать 2 уступ в размер $15 \pm 0,05$ мм.	Глубина резания $t = 2$ мм. Подача $S_{\min} = 0,18$ мм/мин. Скорость резания $V = 38,4$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 1600$ об/мин. Мощность резания $N = 4,6$ кВт. Основное время $T_o = 0,8$ мин.
025	Фреза концевая $\varnothing 15$ 2215-1314 ГОСТ 17025-79. Фрезеровать плоскость 1 в размер $9,5_{-0,15}$ мм Фрезеровать плоскость 2 в размер $21_{-0,21}$ мм.	Глубина резания $t = 2$ мм. Подача $S_{\min} = 0,18$ мм/зуб. Скорость резания $V = 31,4$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 1800$ об/мин. Крутящий момент $M_{кр} = 71$ Н·м. Мощность резания $N = 2,2$ кВт. Основное время $T_o = 1,2$ мин.
030	Сверло $\varnothing 4,95$ 2301-0015 ГОСТ 10903-77. Сверлить 2 отверстия $\varnothing 4,95$ Н14.	Глубина резания $t = 2,45$ мм. Подача $S = 0,12$ мм/об. Скорость резания $V = 30,7$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 2000$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,11$ мин
	Метчик М5-1,25 3403-0045 ГОСТ 3266-71. Нарезать резьбу в 2 Отверстиях	Глубина резания $t = 1,25$ мм. Подача $S = 0,12$ мм/об. Скорость резания $V = 20,1$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 2000$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,11$ мин



Продолжение таблицы 19

1	2	3
	Сверло Ø5,7 2303-0001 ГОСТ 10903-77. Сверлить отверстие Ø5,7 H14.	Глубина резания $t = 2,85$ мм. Подача $S = 0,12$ мм/об. Скорость резания $V = 34,8$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 2000$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,18$ мин.
	Метчик М6-1,5-7Н 3403-0050 ГОСТ 3266-71. Нарезать резьбу М6-1,5-7Н	Глубина резания $t = 1,5$ мм. Подача $S = 0,12$ мм/об. Скорость резания $V = 20,1$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 2000$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,18$ мин.
040	Фреза дисковая 50x16x4 2250-0002 ГОСТ 3964-69. Фрезеровать пазы 1 в размеры $4 \pm 0,3$ мм, $20 \pm 0,3$ мм, $28 \pm 0,3$ мм, $36 \pm 0,3$ мм набором фрез. Фрезеровать пазы 2 в размер $4 \pm 0,3$ мм, $20 \pm 0,3$ мм, $28 \pm 0,3$ мм, $36 \pm 0,3$ мм набором фрез.	Глубина резания $t = 7$ мм. Подача $S_z = 0,18$ мм/об. Скорость резания $V = 27,2$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 1100$ об/мин. Мощность резания $N = 4,3$ кВт. Основное время $T_o = 1,4$ мин

### 2.2.15 Нормирование технологического процесса механической обработки

Результаты нормирования приведены на основе литературы [7, 8] и приведены в таблице 202.3.1 Нормирование технологического процесса.

Норма штучно-калькуляционного времени находится по формуле (21).

$$T_{шт.-к.} = (T_o + T_v) \cdot \left(1 + \frac{T_{обсл.} + T_{отд.}}{100}\right) + \frac{T_{п-з}}{n}, \quad (21)$$

где  $T_o$  – основное технологическое время, мин;

$T_v$  – вспомогательное время, мин;

$T_{обсл.}$  – время на облуживание рабочего места в % от оперативного времени;

$T_{отд.}$  – время перерывов на отдых и личные надобности в % от оперативного времени;

$T_{п-з}$  – подготовительно-заключительное время на партию, мин;

$n=1$  – количество партий запуска.

Вспомогательное время рассчитывается по формуле (19).

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{изм}}, \quad (22)$$

где  $T_{\text{уст}}$  – время на установку и снятия, мин;

$T_{\text{пер}}$  – вспомогательное время связанное с переходом, мин;

$T_{\text{изм}}$  – вспомогательное время на контрольное измерение, мин.

Оперативное время выполнения операции рассчитывается по формуле (20).

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}}, \quad (20)$$

Нормирование операций механической обработки радиатора охлаждения представлены в таблице 20 соответственно.

Таблица 20 – Нормирование технологического процесса механической обработки

№ оп	Содержание работы	Карта	Время, мин
1	2	3	4
005	Токарно-револьверная		
	1. Основное время		7,2
	2. Вспомогательное время:		
	Время, связанное операцией	33	0,04
	- время на установку и снятия детали	34	0,37
	- время, связанное с переходом	87	0,14
	- время на измерения		1,0
	Коэффициент вспомогательного времени		0,55
010	Суммарное вспомогательное время		
	3. Время на обслуживания рабочего места	34	0,2
	4. Время на отдых и личные надобности	89	0,4
	5. Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	33	24,0
	Штучное время		2,23
	Штучно-калькуляционное время		2,38
	Вертикально-сверлильная		
	1. Основное время		0,46
	Суммарное вспомогательное время		2,8
	3. Время на обслуживания рабочего места	50	2,0
	4. Время на отдых и личные надобности	89	0,28

Продолжение таблицы 20

	5.Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	50	22,0
	Штучное время		3,08
	Штучно-калькуляционное время		3,11
020	Горизонтально–фрезерная		
	1.Основное время		4,8
	2.Вспомогательное время:		
	Время, связанное операцией	16	0,4
	- время на установку и снятия детали	33	0,24
	- время, связанное с переходом	87	0,14
	- время на измерения		1,0
	Коэффициент вспомогательного времени		0,78
025	Суммарное вспомогательное время		
	3.Время на обслуживания рабочего места	34	0,16
	4.Время на отдых и личные надобности		0,39
	5.Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	89	21
		34	
	Штучное время		0,85
	Штучно-калькуляционное время		0,88
025	Вертикально–фрезерная		
	1.Основное время		12,7
	2.Вспомогательное время:		
	Время, связанное операцией:		
	- время на установку и снятия детали	13	0,07
	- время, связанное с переходом	26	0,36
	- время на измерения	15	0,9
	Коэффициент вспомогательного времени.		1,0
030	Суммарное вспомогательное время.		1,33
	3. Время на обслуживания рабочего места.	26	0,42
	4. Время на отдых и личные надобности.	16	0,98
	5. Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	26	18,0
	Штучное время.		18,1
	Штучно-калькуляционное время.		18,1
	Вертикально-сверлильная		
	1.Основное время		0,46

Продолжение таблицы 20

1	2	3	4
	2.Вспомогательное время: Время, связанное операцией	13	0,6
	- время на установку и снятия детали	49	1,6
	- время, связанное с переходом	87	0,3
	- время на измерения		1,0
	Коэффициент вспомогательного времени		2,8
	Суммарное вспомогательное время		
	3.Время на обслуживания рабочего места	50	2,0
	4.Время на отдых и личные надобности	89	0,28
	5.Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	50	22,0
	Штучное время		3,08
	Штучно-калькуляционное время		3,11
040	Горизонтально-фрезерная		
	1.Основное время	80	
	2.Вспомогательное время:	80	0,02
	время, связанное операцией	15	
	- время на установку и снятия детали		7,0
	- время, связанное с переходом		0,3
	- время на измерения		1,0
	Коэффициент вспомогательного времени		1,0
	Суммарное вспомогательное время		2,0
	3.Время на обслуживания рабочего места	80	0,07
	4.Время на отдых и личные надобности	89	0,14
	5.Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	80	12,0
	Штучное время		0,02
	Штучно-калькуляционное время		0,04
	2.Вспомогательное время:		
	Время, связанное операцией		
	- время на установку и снятия детали	13	0,3
	- время, связанное с переходом	25	0,36
	- время на измерения	15	1,2
	Коэффициент вспомогательного времени		1,0
	Суммарное вспомогательное время		1,86
	3. Время на обслуживания рабочего места	25	0,29

Продолжение таблицы 20

1	2	3	4
	4. Время на отдых и личные надобности	16	0,69
	5. Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	25	12,0
	Штучное время		15,24
	Штучно-калькуляционное время		15,25
	2.Вспомогательное время: Время, связанное операцией		
	- время на установку и снятия детали	13	0,3
	- время, связанное с переходом	26	0,36
	- время на измерения	15	1,5
	Коэффициент вспомогательного времени		1,0
	Суммарное вспомогательное время		2,16
	3.Время на обслуживания рабочего места	26	0,4
	4.Время на отдых и личные надобности	16	1,04
	6.Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	33	18,0
	Штучное время		20,74
	Штучно-калькуляционное время		20,76

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Студент гр. 10А21

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

Д. Э. Шавдуков

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Руководитель  
к. т. н., доцент кафедры ТМС

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

А. В. Проскоков

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Нормоконтроль  
к. т. н., доцент кафедры ТМС

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

А. А. Ласуков

\_\_\_\_\_  
(Дата)

С целью определения оптимальных режимов, при которых осуществляется процесс нанесения маркировки в данной работе необходимо исследовать какой из способов маркировки более производительнее.

Большинство лазерных гравировальных технологических комплексов работают в одном из трех режимов: растровом – для гравировки растровых изображений, векторном – для нанесения и прорезания тонких контуров, и комбинированном, объединяющим возможности двух предыдущих режимов.

Растровый режим используется для маркировки или гравировки материалов. При выборе растрового режима работы лазерной системы активируются только линейные регуляторы растровой скорости и растровой мощности. При гравировке в растровом режиме лазер последовательно проходит все строки изображения и включается только в определенных точках. При выборе векторного режима работы активируются линейные регуляторы векторной скорости и векторной мощности, положение которых устанавливается в зависимости от обрабатываемого материала.

Комбинированный режим используется в том случае, если требуется использовать сочетание растра и вектора для выполнения одной и той же задачи. В комбинированном режиме сначала выполняется растровая гравировка, а затем – векторное. При этом автоматически осуществляется контроль за тем, какие элементы относятся к растровой части, а какие к векторной части.

Для выполнения гравировки требуется произвести некоторые специальные настройки оборудования и выбрать определенный перечень параметров. К ним, помимо режима работы (растр, вектор либо комбинированный), относятся разрешение, размер образца, параметры скорости и мощности для растрового и векторного режима.

При нанесении векторного или растрового изображения методами лазерной маркировки на поверхность металлических изделий, изображение состоит из совокупности линий различных длин. Глубина данных линий определяет контраст изображения и, на практике, выбирается, исходя из задач последующего восприятия наблюдателем нанесенной маркировки. Обычно, контраст выбирается таким образом, чтобы обеспечить наблюдение наносимой маркировки невооруженным глазом

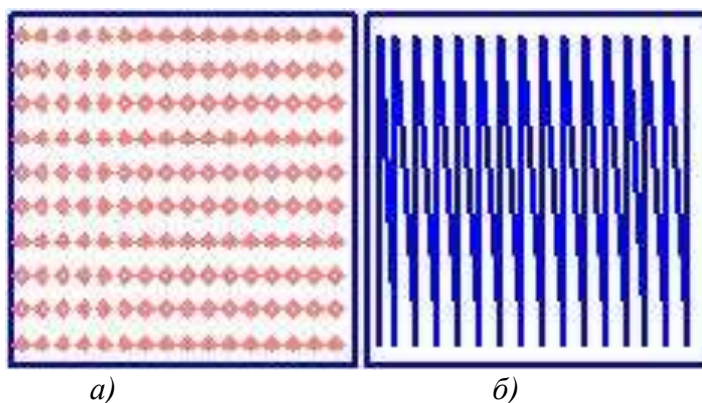
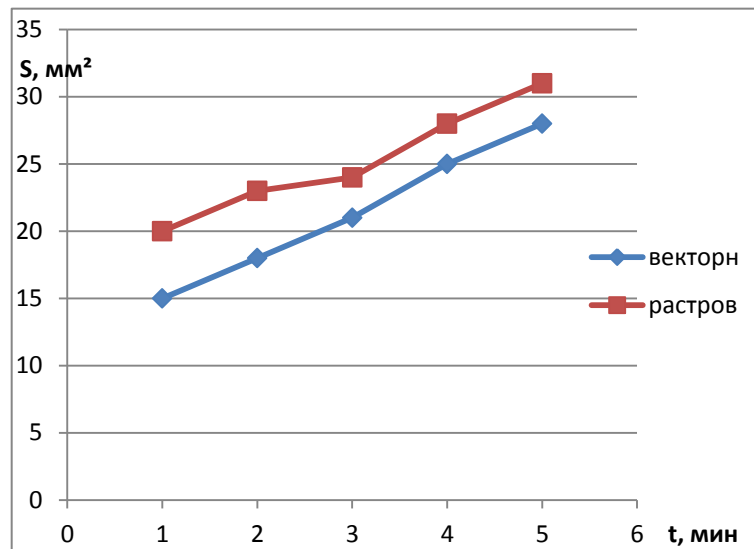


Рисунок 22 Растровый метод (а) и векторный метод (б)



*Рисунок 23 Сравнения производительности растрового и векторного способов создания управляющих программ*

В результате анализа полученного графика можно сделать вывод, что растровый метод нанесения маркировки на поверхность детали производительнее, и сокращает время на нанесение чем векторный метод. В ряде случаев, когда нужно наносить штрих-коды, линии производительнее будет векторный метод.



## 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студент гр. 10А11

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

Д. Э. Шавдуков

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Руководитель  
ст. преподаватель

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

Д. Н. Нестерук

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Нормоконтроль  
к. т. н.

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

А. А. Ласуков

\_\_\_\_\_  
(Дата)

#### 4.1 Расчет объема капитальных вложений

##### 4.1.1 Стоимость конструкции гравера с ЧПУ

Стоимость конструкции гравера с ЧПУ ( $K_{то}$ ) представляет собой сумму произведения цены купленных элементов и затраченных материалов. Стоимость элементов и материалов представлено в таблице 21.

Таблица 21 – Стоимость конструкции гравера с ЧПУ

Наименование	Кол- во, шт	Цена за 1 единицу, руб.	Цена, руб.
Диодный лазер К-18	1	729	729
Двигатели шаговые ЕМ-35	2	947,80	1895,6
Зубчатый ремень 5х160	1	239,47	239,47
Контроллер USB CNC 3 axis	1	2028,54	2028,54
Профиль алюминиевый 15х20	2	200	400
Направляющие 16х165	3	250	750
Болты М12х1,5	4	25	100
Винты М4х6	16	4	64
Всего:			6206,61

##### 4.1.2 Стоимость вспомогательного оборудования

Стоимость вспомогательного оборудования ( $K_{во}$ ) определим приближенно – 30% от стоимости технологического оборудования.

$$K_{во} = K_{то} \cdot 0,30. \quad (23)$$

$$K_{во} = 6206,61 \cdot 0,30 = 1861,983, \text{ руб.}$$

##### 4.1.3 Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря

Стоимость инструментов и инвентаря ( $K_{ин}$ ) по предприятию может быть установлена приближенно в размере 10-15% от стоимости технологического оборудования.

$$K_{ин} = K_{то} \cdot 0,15, \quad (24)$$

$$K_{ин} = 1861,983 \cdot 0,15 = 279,28 \text{ руб.}$$

#### 4.1.4 Расчет заработной платы производственных работников

Заработная плата рассчитывается по формуле (39).

$$C_{zo} = \sum_{i=1}^m \frac{t_{шти} \cdot C_{часj}}{60} \cdot k_n \cdot k_p \cdot N. \quad (25)$$

где  $m$  – количество операций технологического процесса;

$t_{шти}$  – норма времени на выполнение  $i$ -ой операции, мин/ед;

$C_{часj}$  – часовая ставка  $j$ -го разряда, руб./час;

$k_n$  – коэффициент, учитывающий премии и доплаты ( $k_n \approx 1,5$ );

$k_p$  – районный коэффициент ( $k_p = 1,3$ ).

Заработная плата фрезеровщика 3-его разряда

$$C_{zo} = 3 \cdot \frac{8 \cdot 300}{60} \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 25 = 5850 \text{ руб.}$$

Заработная плата фрезеровщика 3-его разряда

$$C_{zo} = 2 \cdot \frac{5 \cdot 200}{60} \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 25 = 1625 \text{ руб.}$$

Заработная плата сверловщика 3-его разряда

$$C_{zo} = 2 \cdot \frac{3 \cdot 100}{60} \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 25 = 3347,5 \text{ руб.}$$

Заработная плата токаря 3-го разряда

$$C_{zo} = 4 \cdot \frac{6 \cdot 500}{60} \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 25 = 9750 \text{ руб.}$$

Заработная плата слесаря 2-ого разряда

$$C_{zo} = 2 \cdot \frac{25 \cdot 100}{60} \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 25 = 4062,5 \text{ руб.}$$

Таблица 22 – Расчёт фонда заработной платы [16]

Профессия рабочего	$T_{шти}$ , мин	Разряд	Количество	$C_{часj}$ , руб.	$C_{зоi}$ , руб
1	2	3	4	5	6
Фрезеровщик	8	3	1	300	5850
Фрезеровщик	5	3	1	200	1625
Сверлильщик	3	2	1	100	3347,5
Токарь	6	3	1	500	9750
Слесарь	25	2	1	100	4062,5
Фонд заработной платы всех рабочих					24635

#### 4.1.5 Сравнение себестоимости и производительности

Характеристики рассмотренных аналогов и разработанного устройства приведены в таблице 17.

Таблица 23 – Сравнение себестоимости и производительности

Характеристика	Значение		
	Разработанный гравер	Мини Маркер2- P20/50	MACSA D- 5005
1	2	3	4
Мощность лазера, Вт	10	10-20	10-100
Частота следования импульса, НС	80	100	160
Охлаждение	Воздушное	Воздушное	Воздушное
Поле обработки, мм	200x140	100x100	170x170
Стоимость, руб	7192	18750	13768

Сравнив, себестоимость и технические параметры разработанного устройства и имеющихся аналогов, лазерный гравер имеет малую себестоимость наряду с имеющимся на рынке лазерных маркировщиков, при этом не уступает по производительности.

## 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Студент гр. 10A21

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

Д. Э. Шавдуков

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Руководитель  
профессор

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

В. А. Портола

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Нормоконтроль  
к. т. н.

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

А. А. Ласуков

\_\_\_\_\_  
(Дата)

## 5.1 Характеристика объекта исследования

Объектом исследования в данном разделе является лаборатория, расположенная на первом этаже учебного корпуса номер 4 ЮТИ ТПУ. Данное помещение имеет следующие размеры:

- длина  $A = 12$  м;
- ширина  $B = 5,5$  м;
- высота потолка  $H = 3$  м.

Основная работа осуществляется на макете станка для лазерной маркировки деталей. В ходе эксперимента наноситься лазерная маркировка на детали.

## 5.2 Выявление и анализ вредных и опасных производственных факторов

Проведение экспериментального исследования в условиях производственной зоны характеризуется наличием ряда опасных и вредных факторов.

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию. [14]

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.[14]

Производственные опасности подразделяются на четыре категории:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

В процессе проведения эксперимента возможно воздействие следующих опасных и вредных производственных факторов:

- шум нарушает прием информации, что влияет на ошибки и травматизм, а также вызывает усталость. При длительном воздействии шума снижается острота слуха, изменяется кровяное давление, ослабляется внимание, ухудшается зрение, происходят изменения в дыхательных центрах, возможно изменение координации движения [14];

- вибрации ухудшают самочувствие работающего и снижают производительность труда, часто приводят к тяжелому профессиональному заболеванию – виброболезни;

- несоответствующее нормам освещение может ухудшить зрение человека. А также может привести к несчастным случаям, в следствие недостаточной видимости или ослепления. В производственных помещениях с движущимися объектами может нести опасность мерцание осветительных приборов в виду появления стробоскопического эффекта;

- химические технологические вещества могут привести к отравлениям и аллергическим реакциям;
- движущиеся органы технологического оборудования могут привести к серьезным травмам;
- электрический ток. Поражение электрическим током может нанести вред здоровью человека различной степени;
- стружка может привести к травмам в виде порезов.

### 5.3 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

#### 5.3.1 Обеспечение соответствующего освещения на рабочем месте

Производственное освещение – это такая система естественного и искусственного освещения, которая позволяет рабочим нормально осуществлять определенный технологический процесс [14].

Расчет искусственного освещения будем проводить по методике изложенной в пособии [15].

Согласно СНиП 23-05-95 для помещения лаборатории необходимая величина освещенности составляет 600 лк, в том числе общего 200 лк. Коэффициент запаса  $k=1,8$ .

Источником света для помещения данного типа являются люминесцентные лампы; тип осветительных приборов – открытый двухламповый светильник ШЛД.

По рекомендациям [15] минимальная допустимая высота подвеса над полом для выбранных светильников составляет 2,5 метра.

Оптимальное соотношение расстояния между светильниками и высоты их подвеса над рабочей поверхностью составляет значение 1,3 и определяется по формуле(52):

$$\lambda = \frac{L}{h},$$

(26)

где  $\lambda$  – соотношение расстояния между светильниками и высоты их подвеса над рабочей поверхностью;

$L$  – расстояние между светильниками, м;

$h=1,7$  м – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью.

Расстояние между светильниками определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,3 \cdot 1,7 = 2,21 \text{ м.}$$

(27)

Согласно рекомендациям [15] примем расстояние от стен помещения до крайних светильников равное:

$$L = \frac{1}{3} \cdot 2,21 = 0,74 \text{ м.}$$

(28)

Исходя из размеров помещения и светильников (933x204 мм) определяем, что число светильников в ряду должно быть 2, а число рядов – 8.

Таким образом всего должно быть 16 светильников. Схема расположения светильников представлена на рисунке 41.

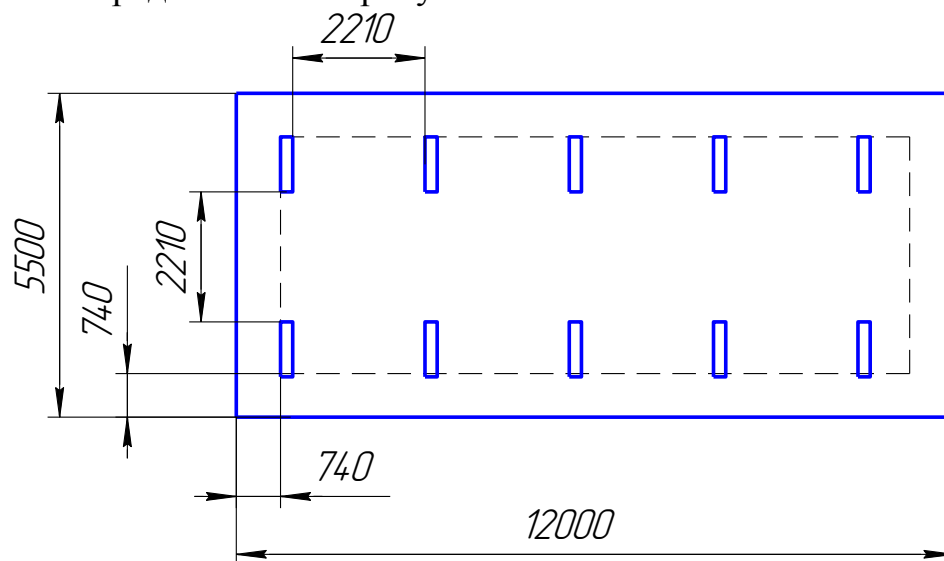


Рисунок 24 Схема расположения светильников

Световой поток определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{n \cdot \eta}, \quad (29)$$

где  $\Phi$  – световой поток каждой из ламп, лм;

$E = 200$  лк – минимальная освещенность;

$z = 1,15$  – коэффициент неравномерности освещения [15];

$k = 1,8$  – коэффициент запаса [15];

$n = 32$  шт – число ламп в помещении (в одном светильнике две лампы);

$\eta$  – коэффициент использования светового потока ламп.

Для определения коэффициента использования необходимо знать индекс помещения, который определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (20)$$

где  $i$  – индекс помещения;

$h$  – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м;

$A, B$  – стороны помещения, м.

$$i = \frac{66}{1,7 \cdot (12 + 5,5)} = 2,22.$$

Согласно рекомендациям [15] примем коэффициент использования светового потока ламп  $\eta = 0,56$ .

$$\Phi = \frac{200 \cdot 66 \cdot 1,15 \cdot 1,8}{32 \cdot 0,56} = 1525 \text{ лм.}$$

Данному световому потоку соответствующую люминесцентные лампы типа ЛДЦ, мощностью 40 Вт.



Таким образом была рассчитана система освещения, которая состоит из 16 светильников, в каждый из которых установлено по две лампы мощностью 40 Вт.

Рассчитанная система искусственного освещения соответствует требованиям СНиП 23-05-95.

### 5.3.2 Обеспечение оптимальных параметров микроклимата рабочего места

Микроклимат на рабочем месте в лабораторных помещениях определяется температурой воздуха, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, барометрическим давлением.

Микроклимат помещения лаборатории поддерживается в соответствии СанПиН 2.2.4.548-96, за счёт отопительных систем или вентиляции, в зависимости от времени года. И имеет следующие параметры:

- температура воздуха  $T$  поддерживается в пределах от 20 до 24°C;
- относительная влажность  $\varphi$  – от 30 до 60 %;
- скорость движения воздуха  $V = 0,5$  м/с;
- барометрическое давление  $P = 760$  мм. рт. ст.

### 5.3.3 Защита от поражения электрическим током

Станок подключен к электрической сети, в связи с этим существует опасность поражения человека электрическим током. Самым простым, эффективным и широко используемым методом устранения этого опасного фактора является применение защитного заземления.

Конструктивными элементами защитного заземления являются заземлители – металлические проводники, находящиеся в земле, и заземляющие проводники, соединяющие заземляемое оборудование с заземлителем.

В лаборатории кафедры технологии машиностроения применяются искусственные заземлители – вертикально забитые стальные трубы длиной 2,5 метров и диаметром 20 мм.

Сопротивление заземляющего устройства для электроустановок мощностью до 100 кВт и напряжением до 1000В должно быть не более 10 Ом.

Расчет защитного заземления для лаборатории резания произведем по методике изложенной в пособии [15].

Удельное сопротивление грунта рассчитывается по формуле:

$$\rho_{расч} = \rho_{изм} \cdot \omega = 20 \cdot 1,7 = 37 \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (31)$$

где  $\rho_{расч}$  – расчетное удельное сопротивление грунта Ом · м;

$\rho_{изм} = 20 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  – измеренное удельное сопротивление грунта;

$\omega = 1,7$  – коэффициент, учитывающий изменение удельного сопротивления грунта в течение года.

Необходимое сопротивление искусственных заземлителей:

$$R_u = \frac{R_E \cdot R_3}{R_E - R_3}, \quad (32)$$

где  $R_u$  – необходимое сопротивление искусственных заземлителей, Ом;

$R_E = 15 \text{ Ом}$  – сопротивление естественного заземлителя;

$R_3 = 4 \text{ Ом}$  – требуемое сопротивление растеканию тока заземлителя.

$$R_u = \frac{15 \cdot 4}{15 - 4} = 5,45 \text{ Ом}.$$

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя определяется по формуле:

$$R_o = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \cdot \lg \frac{4 \cdot l}{d}, \quad (33)$$

где  $R_o$  – сопротивление одиночного вертикального заземлителя

$l = 3 \text{ м}$  – длина заземлителя;

$d = 12 \text{ мм}$  – диаметр заземлителя.

$$R_o = 0,366 \cdot \frac{37}{3} \cdot \lg \frac{4 \cdot 3}{0,012} = 13,5 \text{ Ом}.$$

Количество заземлителей:

$$n = \frac{R_o}{R_u \cdot n_{\text{э}}}, \quad (34)$$

где  $n_{\text{э}} = 0,85$  – коэффициент использования электрода.

$$n = \frac{13,5}{5,45 \cdot 0,85} = 2,9.$$

Примем количество заземлителей  $n=3$ .

Длина соединительной полосы:

$$L = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot 3 \cdot 3 = 9,45 \text{ м}.$$

(35)

где  $a = 3 \text{ м}$  – расстояние между одиночными заземлителями.

Сопротивление полосы:

$$R_o = 0,366 \cdot \frac{\rho}{L} \cdot \lg \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot h}, \quad (36)$$

где  $b = 0,04 \text{ м}$  – толщина полосы;

$h = 0,8 \text{ м}$  – глубина заложения полосы.

$$R_o = 0,366 \cdot \frac{37}{9,45} \cdot \lg \frac{2 \cdot 9,45^2}{0,04 \cdot 0,8} = 14,6 \text{ Ом}.$$

Сопротивление растеканию тока группового искусственного заземлителя:

$$R_{\text{зр}} = \frac{R_{\text{п}} \cdot R_{\text{о}}}{R_{\text{п}} \cdot n_{\text{э}} \cdot n + n_{\text{п}} \cdot R_{\text{о}}},$$

(37)

где  $n_{\text{п}} = 0,77$  – коэффициент использования полосы.

$$R_{\text{зр}} = \frac{14,6 \cdot 13,5}{14,6 \cdot 0,85 \cdot 3 + 0,77 \cdot 13,5} = 4,15 \text{ Ом}.$$

Сравним полученное значение сопротивления группового заземлителя  $R_{\text{зр}}$  и требуемого сопротивления искусственного заземлителя  $R_{\text{и}}$ .  
Необходимое условие:

$$R_{\text{зр}} \leq R_{\text{и}}$$

(38)

$4,15 \leq 5,45 \text{ Ом}$ , условие (64) выполняется.

#### 5.3.4 Защита от движущихся органов оборудования

Все движущиеся органы станка, во время работы, закрыты защитными щитками и кожухами, смонтированными с выключателями этих органов.

#### 5.3.5 Защита от шума

Уровень шума в лаборатории находится в пределах допустимого согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и не превышает 85 Дб.

#### 5.3.6 Защита от вибраций

Для уменьшения уровня вибрации технологическое оборудование, распространяющее вибрацию, установлено на виброгасящие опоры.

#### 5.3.7 Защита от повреждений стружкой

Во время работы станка зона образования стружки закрыта защитным экраном и не представляет опасности человеку. Для уборки стружки в станке предусмотрен специальный конвейер.

### 5.4 Разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

Самой вероятной чрезвычайной ситуацией в лаборатории резания является пожар.

Лабораторные помещения, в которых осуществляется проведение экспериментальных исследований, в том числе и обработка резанием,

должны соответствовать требованиям СНиП II-2-80, СНиП II-89-80, санитарных норм проектирования промышленных предприятий СНиП II-92-76. Лаборатория должна быть оборудована средствами пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83:

- огнетушитель порошковый ОП-2 для тушения лакокрасочных материалов и оборудования под напряжением – 2 шт;
- песок (чистый и сухой) для тушения электроустановок под напряжением – 0,5 м<sup>3</sup>;
- кран внутреннего пожарного водопровода – 1 шт;
- огнетушитель углекислотный ОУ-8 – 2 шт.

## 5.5 Обеспечение экологической безопасности и охраны окружающей среды

Экспериментальное исследование, не несет значительных выбросов вредных веществ, пыли в атмосферу. Выбросы соответствуют допустимым по ГОСТ 17.2.302-78, поэтому их очистка не предусмотрена.

В процессе производства образуется небольшое количество отходов, которые при соответствующей обработке могут быть использованы, как сырьё для промышленной продукции. Отходы вывозятся из лаборатории для переработки и захоронения на полигонах.

## 5.6 Защита от лазерного излучения

При эксплуатации лазеров возникает не только опасность поражения излучением, но и ряд других опасностей – высокое напряжение зарядных устройств, загрязнение воздушной среды химическими веществами, ультрафиолетовое излучение импульсных ламп, интенсивный шум, электромагнитные поля, взрывы, пожары. Все эти факторы необходимо также учитывать при эксплуатации и проектировании лазерных установок. Средства защиты от лазерного излучения зависят от характеристик лазера. Таким образом, в нашем случае будет достаточно защитные очки от диффузного излучения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была спроектирована лазерная установка с ЧПУ с подвижной головкой для лазерной маркировки деталей маломощным лазером. Был произведен обзор технических характеристик и конструкций лазерных маркировщиков. Произведено сравнение производительности растрового и векторного способов создания управляющей программы. Так же было сконструировано приспособление для крепления лазера на лазерное устройство. Произведена разработка рабочих чертежей деталей входящих в состав приспособления. Разработан технологический процесс для детали ФЮРА.А21.030.001 радиатор охлаждения. Для данного технологического процесса был применен метод получения заготовки сортовой прокат обычной точности, разработан маршрут, применены станки, стоящие в лаборатории кафедры ТМС.

Рациональное построение технологического маршрута, позволило сократить применяемое оборудование, штучное время и себестоимость изделия.

Так как приспособление для крепления лазера на макете станке будет изготавливаться в условиях лаборатории кафедры ТМС. То за основу было взято оборудование, находящиеся в лаборатории кафедры. В технологическом процессе для универсальных станков была принята оснастка позволяющая уменьшить вспомогательное время. Для обработки детали была принята оснастка, имеющая в лаборатории для данного станка.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Справочник по конструкционным материалам: Справочник / Б. Н. Арзамасов, Т. В. Соловьева, С. А. Герасимов и др.; Под ред. Б. Н. Арзамасова, Т. В. Соловьевой. – М.: Изд-во МГКУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 640 с.: ил.
- 2 Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др./ Под общей редакцией А. А. Понова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.: ил.
- 3 Балабанов А. Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 464 с.
- 4 Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с. с ил.
- 5 Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т.: Т.1 / А. Д. Локтев, И. Ф. Гуцин, В. А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с.: ил
- 6 Выпускная квалификационная работа бакалавра: методические указания к содержанию ВКР для бакалавров, обучающихся по направлению 150700 «Машиностроение» / Сост.: С. И. Петрушин; Юргинский технологический институт. – Юрга: ООО Типография «МедиаСфера», 2014. – 53 с.
- 7 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках Часть I. Токарные карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. Изд. 2-е. – М. Машиностроение, 1947. – 406 с.
- 8 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и под. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с., мл.
- 9 Паспорт станков 2Н125, 6Р81Г, 6Р11.
- 10 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках Часть I. Токарные карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные

станки. Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 1947. – 406 с.

- 11 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно - заключительное для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 422 с.
- 12 Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть I. «Машиностроение экономика» 1990. Москва: Экономика, 1991.– 162 с.
- 13 Охрана труда и производственная безопасность: учебник / А.А.Раздорожный. – М.: Издательство «Экзамен», 2006. – 510 с.
- 14 Расчеты по обеспечению комфорта и безопасности: учебное пособие. В.М. Гришагин, В.Я. Фарберов – Томск: Изд-во томского политехнического университета, 2007. – 155с.
- 15 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение часть ВКР часть ВКР: методические указания по выполнению экономической части выпускной квалифицированной работы для студентов специальности 120100 «Технология машиностроения» и направления подготовки 15.03.01 "Машиностроение"– Юрга: ИПЛ ЮФ ТПУ, 2014. – 21с.
- 16 Лазерные маркировщики [Электронный ресурс] URL:<http://www.minimarker.ru>. Дата обращения: 09.03.2016г.
- 17 Нанесение маркировки лазером [Электронный ресурс] URL:<http://226239.ru.all.biz>. Дата обращения: 09.03.2016 г.
- 18 Лазерные технологии [Электронный ресурс] URL:<http://www.newlaser.ru>. Дата обращения: 09.03.2016 г
- 19 Полупроводниковые лазеры: Грибковский В. П. Учеб. пособие по спец. Радиофизика и электроника.– М.: Университетское, 1988.– 304 с: ил.
- 20 Расчёт припусков [Электронный ресурс] Вальтер А.В. URL: <http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/a/AVWALTER/academic/Tab1>. Дата обращения: 09.03.2016 г.